Buku Teks Bahan Ajar Siswa

Paket Keahlian:
Teknik Rehabilitasi dan Reklamasi

Konservasi Tanah dan Air

KELAS
XI
SEMESTER 4

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

GLOSARIUM

Akar	:	Organ tanaman yang berfungsi menyerap air dan hara terlarut dari dalam tanah ke tubuh tanaman
Analog	:	Sistem penyajian peta secara manual.
Abiotik	:	Komponen ekosistem yang terdiri dari benda atau sesuatu yang tak hidup.
Buffering	:	Salah satu dari fungsi analisis spasial yang menghasilkan data spasial baru yang berbentuk poligon atau zone dengan jarak tertentu dari data spasial yang menjadi masukannya.
Digital	:	Sistem penyajian informasi (grafis atau teks) secara biner elektronis.
Digitizer	:	Alat yang digunakan untuk mengubah peta-peta analog menjadi peta-peta digital dengan menelusuri detail-detail peta satu persatu.
DAS	:	Daerah Aliran Sungai.
Distorsi	:	Perubahan bentuk atau perubahan informasi geometrik yang disajikan pada bidang lengkung (bola/ellipsoidal) terhadap bentuk atau informasi geometrik yang disajikan pada bidang datar.
Erosi tanah	:	Proses hilangnya atau terangkutnya bagian tanah oleh air yang mengalir di permukaan.
Erosi percikan	:	Pemindahan permukaan tanah yang diakibatkan oleh percikan butir-butir air hujan.
Ekosistem	:	Suatu sistem yang disusun oleh organisme-organisme yang saling berinteraksi satu dengan yang lain dan juga dengan komponen tak hidup untuk membentuk unit kerja.
Eksperimen	:	Percobaan dalam rangka mencari fakta untuk menjawab hipotesis

Erosi	:	Hilangnya tanah akibat pengaruh angin, air, atau es.
Fokus	:	Ketajaman penampakan objek pada teropong dan dapat diatur dengan tombol fokus.
Habitat	:	Tempat khusus organisme hidup
Hujan asam	:	Air hujan yang bersifat asam karena adanya polutan udara, khususnya sulfur dioksida dan nitrogen oksida sehingga meningkatkan keasaman air hujan.
Hutan konservasi	:	Kawasan hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya
Horisontal	:	Garis atau bidang yang tegak lurus terhadap garis atau bidang yang menjauhi pusat bumi.
Individu	:	Satu mahkluk hidup tung-gal
Indeks	:	Garis kontur yang penyajiannya lebih tebal atau lebih ditonjolkan dibandingkan garis-garis kontur lain setiap selang ketinggian tertentu.
Interpolasi	:	Metode perhitungan ketinggian suatu titik di antara dua titik yang dihubungkan oleh garis lurus.
GPS	:	*Global Positioning System*. Sistem penentuan posisi global menggunakan satelit buatan Angkatan Laut Amerika Serikat.
Gaya vertikal	:	Berat sendiri bendungan termasuk berat pintu air dan instalasi lainnya
Informasi	:	Sesuatu yang memiliki makna atau manfaat.
Keterampilan	:	Proses seperangkat keterampilan yang dilakukan untuk suatu penyelidikan ilmiah
Konservasi	:	Prinsip pengelolaan lingkungan dengan mempertimbangkan kemampuan sumber daya alam dalam memberbaiki ketersediaanya

Kalibrasi	:	Suatu prosedur untuk mengeliminasi kesalahan sistematis pada peralatan pengukuran dengan menyetel ulang komponen-komponen dalam peralatan.
Kontrol	:	Upaya mengendalikan data hasil pengukuran di lapangan agar Memenuhi syarat geometrik tertentu sehingga kesalahan hasil pengukuran di lapangan dapat memenuhi syarat yang ditetapkan dan kesalahan-kesalahan acaknya telah dikoreksi.
Kontur	:	Garis khayal di permukaan bumi yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama dari permukaan air laut rata-rata (MSL). Garis di atas peta yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama dari permukaan air laut rata-rata dan kerapatannya bergantung pada ukuran lembar penyajian (skala peta).
Konvergensi	:	Serangkaian garis searah yang menuju suatu titik pertemuan.
Konversi	:	Proses mengubah suatu besaran (sudut/jarak) dari suatu sistem menjadi sistem yang lain.
lingkungan	:	Segala sesuatu yang terdapat di luar makhluk hidup dan berpengaruh terhadap kehidupan makhluk hidup tersebut
Makhluk hidup	:	Sesuatu yang menunjukkan cirri-ciri kehidupan yaitu bernafas, bergerak, menerima dan menanggapi rangsang, berkembang biak, tumbuh dan berkembang.
Meter	:	Satuan SI untuk panjang
Metoda ilmiah	:	Lihat keterampilan proses
Rumus empiris	:	Rumus kimia yang menggambarkan perbandingan mol antar atom pembentuk molekul senyawa
Tata air	:	Suatu keadaan yang menggambarkan tentang kuantitas, kualitas (sedimentasi) dan penyebaran air menurut waktu dan tempat serta pengaruhnya terhadap kondisi yang bersangkutan.
Sedimen	:	Setiap material atau fragmental yang terangkut melalui proses suspensi maupun pengendapan oleh air atau angin.

Overlay	:	Suatu fungsi pada analisis pemetaan digital dan GIS yang Menumpangtindihkan tema-tema dengan jenis pengelompokkan yang berbeda.
Paralel	:	Garis-garis khayal yang tegak lurus garis meridian dan melingkari bumi. Paralel nol berada di equator atau garis khatulistiwa.
Polygon	:	Serangkaian garis-garis yang membentuk kurva terbuka atau Tertutup untuk menentukan koordinat titik-titik di atas permukaan bumi.
Profil	:	Potongan gambaran turun dan naiknya permukaan tanah baik memanjang atau melintang.
Rotasi	:	Perubahan posisi suatu objek karena diputar pada suatu sumbu
Skala	:	Nilai perbandingan besaran jarak atau luas di atas kertas terhadap jarak dan luas di lapangan.
Softcopy	:	Dokumentasi peta-peta digital dalam bentuk file-file digital.
Software	:	Perangkat lunak computer untuk berbagai macam kepentingan.
Suhu	:	Ukuran tingkat atau derajat panas atau dingin-nya suatu benda
Topografi	:	Peta yang menyajikan informasi di atas permukaan bumi baik unsur alam maupun unsur buatan manusia dengan skala sedang dan kecil.
Visual	:	Penglihatan kasat mata.
Variasi	:	Penampakan dari sifat tertentu yang menyebabkan satu organisme berbeda dengan organisme lain dalam satu jenis
Volume	:	Besarnya ruangan yang dapat diisi oleh materi
Vertical interval	:	Beda tinggi antar teras disesuaikan dengan kemiringan
Waterpass	:	Alat atau metode yang digunakan untuk mengukur tinggi garis bidik di atas permukaan bumi yang berkategori bermedan datar (slope < 8 %).
Zone	:	Kurva yang dibatasi oleh batas-batas dengan kriteria tertentu.

I. PENDAHULUAN

Pembelajaran dengan menggunakan kurikulum tahun 2013 berorientasi pada pembelajaran berbasis saintifik (*Scientific Base Learning*) dari suatu mata pelajaran yang memuat kinerja yang diharapkan dapat dikuasai setelah mengikuti seluruh kegiatan belajar sesuai dengan persyaratan standar kompetensi lulusan (SKL). Dengan siswa sebagai subyek, maka tujuan pembelajaran harus secara eksplisit perilaku atau performansi yang dikuasai oleh siswa dan memperhitungkan kondisi siswa dalam meraih perilaku yang telah ditetapkan dengan mensyaratkan suatu standar minimum/derajat yang mesti dikuasai oleh siswa. Rancangan pembelajaran dengan pendekatan siswa aktif, maka guru hanya sebagai fasilitator dalam membantu memecahkan persoalan pembelajaran yang terjadi di kelas sehingga diperoleh solusinya dengan memanfaatkan sumber daya yang ada.

Disamping itu pembelajaran juga diperuntukan pada pembentukan sikap spritual dan sosial yang dilakukan secara terintegrasi dengan pembelajaran kognitif dan psikomotorik. Sehingga perlu dibantu dengan lembar tugas, lembar kerja, dan observasi di lapangan yang dapat merangsang siswa untuk bersifat ingin tahu tentang tentang permasalahan konservasi tanah dan air dan terampil melaksanakan kerja guna pemenuhan kompetensi yang harus ditempuh dalam pembelajaran.

Untuk menyelesaikan tugas, kerja di lapangan dan observasi tentang pelaksanaan pembelajaran ini, maka buku ini bukan satu-satunya sumber belajar sehingga guru, siswa dipersilahkan untuk mempelajari sumber belajar lainnya yang relevan untuk menyelesaikan pembelajaran secara tuntas. Buku teks siswa ini dirancang untuk 1 (satu) semester sehingga tidak menampung seluruh kompetensi dasar (KD). Hal ini disebabkan karena pemenuhan jumlah jam tatap muka yang terbatas hanya pada semester 2 kelas XI, sehingga buku ini merupakan kelanjutan BUKU 1, sedang kompetensi dasar (KD) sisanya akan dilanjutkan pada BUKU 2 sesuai dengan jumlah jam tatap muka pada semester 2 kelas XI, sehingga penggabungan kedua buku tersebut merupakan keseluruh kompetensi mata pelajaran Teknik-teknik Konservasi

Tanah dan Air yang akan dituntaskan pada mata pelajaran Teknik-teknik Konservasi Tanah dan Air yang ditempuh pada kelas XI.

A. Deskripsi

1. Pengertian

“ **Konservasi tanah dan air ” adalah** serangkaian strategi pengaturan untuk mencegah terjadinya erosi ataupun perubahan tanah secara mekanik, kimiawi atau biologi akibat penggunaan yang berlebihan sehingga terjadi salinisasi, keasaman atau kontaminasi lainnya.

2. Rasional

Tuhan telah menciptakan alam semesta ini dengan segala keteraturannya, dalam pelajaran konservasi tanah dan air dengan keteraturan itu selalu ada. Oleh karena itu, segala sesuatu yang dipelajari dalam konservasi tanah dan air membuktikan adanya kebesaran Tuhan.

Aktifitas manusia dalam kehidupan tidak lepas dari kebutuhan akan konservasi tanah dan air. Keadaan lingkungan alam merupakan faktor penting bagi kehidupan manusia, bukan hanya manusia bahkan semua makhluk hidup. Lingkungan alam yang dijaga dengan baik maka akan memberikan ketenangan bagi kehidupan makhluk hidup.

3. Tujuan

Mata pelajaran konservasi tanah dan air bertujuan untuk:

- Menambah keimanan peserta didik dengan menyadari hubungan keteraturan, keindahan alam, dan kompleksitas alam dalam jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya;

- Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan bumi dan seisinya yang memungkinkan bagi makhluk hidup untuk tumbuh dan berkembang;
- Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; ulet; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap ilmiah dalam melakukan percobaan dan berdiskusi;
- Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan;
- Memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, obyektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerjasama dengan orang lain;
- Mengembangkan pengalaman menggunakan metode ilmiah untuk merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis melalui percobaan, merancang dan merakit instrumen percobaan, mengumpulkan, mengolah, dan menafsirkan data, serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis;
- Melaksanakan pengukuran erosi dan sedimentasi.
- Melaksanakan konservasi tanah dan air secara vegetatif.
- Melaksanakan konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis.

4. Ruang lingkup materi

- Melaksanakan pengukuran erosi dan sedimentasi.
- Melaksanakan konservasi tanah dan air secara vegetatif.
- Melaksanakan konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis.

B. Prasyarat

Pembelajaran buku teks siswa mempunyai prasyarat bahwa siswa telah menempuh mata pelajaran Dasar Program Keahlian sebagai berikut ;

1. Simulasi Digital
2. Silvika
3. Silvikultur
4. Penyuluhan Hutan
5. Ilmu Ukur Kayu
6. Pengukuran dan Pemetaan Hutan
7. Perencanaan Hutan

C. Petunjuk Penggunaan

Buku ini berisikan tentang tata cara belajar siswa dengan buku teks bahan ajar, tugas-tugas siswa antara lain :

1. Buku ini dirancang sebagai bahan pembelajaran dengan pendekatan siswa aktif.
2. Guru berfungsi sebagai fasilitator.
3. Penggunaan buku ini dikombinasikan dengan sumber belajar yang lainnya.
4. Pembelajaran untuk pembentukan sikap spiritual dan sosial dilakukan secara terintegrasi dengan pembekajaran kognitif dan psikomotorik.
5. Lembar tugas siswa untuk menyusun pertanyaan yang berkaitan dengan isi buku memuat (apa, mengapa dan bagaimana)
6. Tugas membaca buku teks secara mendalam untuk dapat menjawab pertanyaan. Apabila pertanyaan belum terjawab, maka siswa dipersilahkan untuk mempelajari sumber belajar lainnya yang relevan.

D. Tujuan Akhir

Dengan disediakan buku teks dan sumber belajar lainnya serta peralatan yang memadai, maka siswa mampu menguasai komptensi-kompetansi yang ada dalam teknik rehabilitasi dan reklamasi pada semester yang ditempuhnya sesuai standar.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)/MADRASAH ALIYAH KEJURUAN (MAK)

PROGRAM STUDI KEAHLIAN : TEKNIK REHABILITASI DAN REKLAMASI

PAKET KEAHLIAN : KONSERVASI TANAH DAN AIR

MATA PELAJARAN : KONSERVASI TANAH DAN AIR

KELAS : XI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1 Mengamalkan ajaran agama yang dianutnya pada pembelajaran konservasi tanah dan air sebagai amanat untuk pelestarian alam dan lingkungan. 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang mengatur alam dan lingkungan.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong dan kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro aktif ramah lingkungan, gotong royong, kerjasama, cinta damai), santun,responsif dan proaktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan praktik dan berdiskusi. 2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan belajar di hutan dan melaporkan hasil kegiatan.

3. Memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Menerapkan pengukuran erosi dan sedimentasi. 3.2 Menerapkan teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif. 3.3 Menerapkan teknik konservasi tanah dan air secara sipil teknis.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dan mencipta dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Melaksanakan pengukuran erosi dan sedimentasi. 4.2 Melaksanakan konservasi tanah dan air secara vegetatif. 4.3 Melaksanakan konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis.

F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari buku teks siswa ini, isilah cek list kemampuan yang telah Anda miliki dengan sikap jujur dan dapat dipertanggungjawabkan.

Berilah tanda (**V**) jika anda telah mengusai kompetensi-kompetensi pada kolom ***YA/TIDAK*** yang ada di bawah ini, berapa % kompetensi yang sudah anda kuasai.

NO	KOMPETENSI DASAR	YA	TIDAK	KET
1	Siswa mampu melaksanakan pengukuran erosi dan sedimentasi.			
2	Siswa mampu melaksanakan konservasi tanah dan air secara vegetatif.			
3	Siswa mampu melaksanakan konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis.			

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1. Melaksanakan Pengukuran Erosi Dan Sedimentasi

A. Deskripsi

Kompetensi ini membahas tentang **Pengukuran Erosi Dan Sedimentasi** pada teknik rehabilitasi dan reklamasi. Dengan demikian kompetensi ini akan membahas tentang ;

1) Teknik pengukuran erosi dan sedimentasi.
2) Alat-alat ukur erosi dan sedimentasi.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Dengan mempelajari buku teks siswa dan sumber belajar yang lain serta peralatan yang memadai, maka siswa mampu melaksanakan **Pengukuran Erosi Dan Sedimentasi** pada paket keahlian teknik rehabilitasi dan reklamasi.

2. Uraian Materi

Teknik pengukuran erosi dan sedimentasi

Air merupakan kebutuhan mutlak bagi mahluk hidup terutama bagi manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka aktifitas penggunaan sumber daya alam, khususnya sumber daya air juga semakin meningkat, maka sumber daya air perlu ditingkatkan pelestariannya dengan menjaga keseimbangan siklus air di bumi yang dikenal sebagai daur hidrologi. Proses daur hidrologi di alam bermanfaat sebagai

sumber daya yang terbaharukan, secara global kuantitas sumber daya air di bumi relatif tetap, sedangkan kualitasnya makin hari makin menurun.

Selain untuk kebutuhan mahluk hidup, air juga dapat dimanfaatkan untuk pengairan, pembangkit listrik, industri, pertanian, perikanan dan sumber baku air minum, terkait dengan kebutuhan yang beragam tersebut, ketersediaan air yang memenuhi baik kuantitas maupun kualitas untuk kebutuhan sangatlah terbatas, ketersediaan air terutama air permukaan sangat bergantung pada pengelolaan asal air tersebut, yaitu sungai yang merupakan salah satu air permukaan yang perlu dikelola, sungai-sungai tersebut tergabung dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Secara umum DAS dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah, yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit atau gunung, maupun batas bantuan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberikan kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*).

Keberadaan air yang berbeda-beda tersebut dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk mempertahankan dan mengembangkan kehidupan. Hal terpenting adalah bagaimana manusia dapat mengelola air dengan baik agar menjadi bahan/modal kehidupanya secara lebih baik dan lestari. Dibawah ini disampaikan proses perubahan atau pergerakan air yang terkait dengan konservasi tanah dan air.

Bila kita cermati air hujan yang jatuh ke permukaan bumi berasal dari proses penguapan air dari laut, sungai, danau atau tumbuhan serta permukaan bumi lainnya. Uap air yang dihasilkan mengudara kemudian dibawa angin dan selanjutnya terkondensasi sehingga menjadi titik air dan jatuh permukaan kebumi sebagai hujan.

Gambar 1. Banjir

Air hujan yang jatuh kepermukaan tanah dapat membawa butiran-butiran tanah dari satu tempat yang lebih tinggi ketempat yang lebih rendah disebut (erosi). Arsyad Sitanala (1989) menyatakan, erosi sebagai peristiwa pindahnya tanah atau bagian-bagiannya dari satu tenpat ketempat lain oleh media alami. Media alami tersebut adalah air dan angin. Butiran-butiran tanah yang dibawa oleh air atau angin di permukan tanah akan diendapkan di suatu tempat berupa sedimen. Sedang proses pengendapannya sendiri disebut sedimentasi. Sedang faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi adalah iklim (khususnya curah hujan), topografi, tanah, tumbuhan dan manusia. Curah hujan berarti berkaitan dengan intensitas dan distribusinya.

Kejadian khusus seperti banjir bandang di Wasior (Papua Barat) dan Bahorok (Sumatera Utara) terjadi karena factor alam. Di kedua kejadian tersebut disebabkan adanya tanah longsor (baik karena kondisi/tekstur tanah maupun vegetasinya) di pinggiran sungai/lembah dan membentuk bendungan. Bendungan yang baru terbentuk tersebut kekuatannya rendah sehingga bila air yang ditampung cukup banyak maka tidak tahan dan jebol menimbulkan banjir bandang.

Sumber : http://3.bp.blogspot.com

Gambar 2. Erosi

Erosi adalah peristiwa pindah atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami (air atau angin). Erosi dapat menyebabkan terdegradasinya lahan melalui hilang atau terkikisnya lapisan tanah atas, sehingga dapat berdampak buruk terhadap tanah.

Dampak buruk dari erosi dilihat dari tempatnya dibedakan jadi ada dua yaitu :

1. Dampak di tempat kejadian erosi (on-site).
2. Dampak di luar tempat kejadian erosi (off-site).

Dampak langsung erosi on-site antara lain :

1. Kehilangan unsur hara dan bahan organik.
2. Menurunya kapasitas infiltrasi dan kemampuan tanah menahan air.
3. Meningkatnya kepadatan dan ketahanan penetrasi tanah.
4. serta berkurangnya kemantapan struktur tanah yang pada akhirnya menyebabkan memburuknya pertumbuhan tanaman dan menurunnya produktivitas.

Dampak tidak langsung erosi on-site adalah berkurangnya alternatif penggunaan tanah, timbulnya dorongan untuk membuka lahan baru, Dampak tidak langsung di luar tempat kejadian erosi yaitu kerugian akibat

memendeknya umur waduk, meningkatnya frekuensi dan besarnya banjir (Arsyad, 2000). Salah satu dampak lingkungan yang muncul akibat pembangunan pertanian baik melalui ekstensifikasi maupun intensifikasi – adalah degradasi lahan atau erosi tanah. Pierce (1991) mengemukakan bahwa erosi tanah mempengaruhi produktivitas tanah. Erosi dapat mengubah kondisi fisik dan kimiawi tanah.

Erosi tanah merupakan penyebab utama dari degradasi tanah di seluruh dunia. Di samping dapat menyebabkan degradasi tanah, erosi dapat juga merusak tanaman yang pada akhirnya mengurangi produktivitas. Dampak erosi tanah terhadap produktivitas bervariasi cukup besar antar tempat dan waktu. Semua lahan, beserta jenis tanaman apapun yang tumbuh di atasnya, sewaktu-waktu dapat mengalami erosi. Laju erosi tanah sangat dipengaruhi oleh bagaimana lahan tersebut dikelola/digunakan. Setiap bentuk penggunaan lahan yang berbeda akan menghasilkan tingkat erosi tanah yang berbeda pula. Tingkat erosi suatu lahan dipengaruhi oleh jenis vegetasi yang ditanam dan teknik pertanian yang digunakan (Miranda, 1992).

Sumber : http://www.anneahira.com

Gambar 3. Lahan gundul

Di Indonesia, dampak buruk dari proses erosi tanah tidak hanya dialami oleh lahan-lahan pertanian saja, melainkan dialami juga oleh kawasan hutan daerah pemukiman, daerah industri yang sedang dibangun, daerah pertambangan, dan sebagainya. Di areal pertanian sendiri, proses erosi banyak terjadi pada lahan

berlereng yang dikelola untuk budidaya tanaman semusim yang tidak dilengkapi dengan tindakan-tindakan konservasi tanah (Abdurachman dan Sutono, 2002). Penyebab erosi tanah antara lain :

1. Tanah gundul atau tidak adanya tanaman;
2. Tanah miring tidak dibuat teras – teras dan guludan sebagai penyangga air dan tanah yang lurus;
3. Tanah tidak dibuat tanggul pasangan sebagai penahan erosi;
4. Pada tanah kawasan hutan rusak karena pohon – pohon ditebang secara liar sehingga menjadi gundul;
5. Pada permukaan tanah yang berlumpur digunakan untuk pengembalaan liar sehingga tanah atas semakin rusak.

Sumber : http://4.bp.blogspot.com

Gambar 4. Kerusakan hutan

Erosi dan Sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terdapat di tempat lain (Suripin, 2002). Terjadinya erosi dan sedimentasi menurut Suripin (2002) tergantung dari beberapa faktor yaitu karakteristik hujan, kemiringan

lereng, tanaman penutup dan kemampuan tanah untuk menyerap dan melepas air ke dalam lapisan tanah dangkal, dampak dari erosi tanah dapat menyebabkan sedimentasi di sungai sehingga dapat mengurangi daya tampung sungai. Sejumlah bahan erosi yang dapat mengalami secara penuh dari sumbernya hingga mencapai titik kontrol dinamakan hasil sedimen (*sediment yield*). Hasil sedimen tersebut dinyatakan dalam satuan berat (ton) atau satuan volume (m3) dan juga merupakan fungsi luas daerah pengaliran. Dapat juga dikatakan hasil sedimen adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu (Asdak C., 2007).

Dari proses sedimentasi, hanya sebagian aliran sedimen di sungai yang diangkut keluar dari DAS, sedangkan yang lain mengendap di lokasi tertentu dari sungai (Gottschalk, 1948, dalam Ven T Chow, 1964 dalam Suhartanto, 2001). *Foster dan Meyer (1977)* berpendapat bahwa erosi sebagai penyebab timbulnya sedimentasi yang disebabkan oleh air terutama meliputi proses pelepasan *(detachment),* penghanyutan *(transportation),* dan pengendapan *(depotition)* dari partikel-partikel tanah yang terjadi akibat tumbukan air hujan dan aliran air.

Bahan sedimen hasil erosi seringkali bergerak menempuh jarak yang pendek sebelum akhirnya diendapkan. Sedimen ini masih tetap berada di lahan atau diendapkan di tempat lain yang lebih datar atau sebagian masuk ke sungai. Persamaan umum untuk menghitung sedimentasi suatu DAS belum tersedia, untuk lebih memudahkan dikembangkan pendekatan berdasarkan luas area. Rasio sedimen terangkut dari keseluruhan material erosi tanah disebut Nisbah Pelepasan Sedimen (*Sediment Delivery Ratio*/*SDR)* yang merupakan fungsi dari luas area.

Sedimentasi secara geologis merupakan proses erosi tanah yang berjalan secara normal, artinya proses pengendapan yang berlangsung masih dalam batas-batas yang diperkenankan atau dalam keseimbangan alam dari proses

degradasi dan agradasi pada perataan kulit bumi akibat pelapukan. Proses sedimentasi yang dipercepat sedimentasi yang menyimpang dari proses secara geologi dan berlangsung dalam waktu yang cepat, bersifat merusak atau merugikan dan dapat mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup. Kejadian tersebut biasanya disebabkan oleh kegiatan manusia dalam mengolah tanah. Cara mengolah tanah yang salah dapat menyebabkan erosi tanah dan sedimentasi yang tinggi.

Proses pengangkutan sedimen *(sediment transport)* dapat diuraikan meliputi tiga proses sebagai berikut : Pukulan air hujan *(rainfall detachment),* terhadap bahan sedimen yang terdapat diatas tanah sebagai hasil dari erosi percikan *(splash erosion)* dapat menggerakkan partikel-partikel tanah tersebut dan akan terangkut bersama-sama limpasan permukaan *(overland flow).* Selanjutnya dihanyutkan masuk kedalam alur-alur *(rills),* dan seterusnya masuk kedalam selokan dan akhirnya ke sungai. Terjadi proses pengendapan sedimen, terjadi pada saat kecepatan aliran yang dapat mengangkat *(pick up velocity)* dan mengangkut bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan *(settling velocity)* yang dipengaruhi oleh besarnya partikel-partikel sedimen dan kecepatan aliran.

Perhitungan Nisbah Pelepasan Sedimen (*Sediment Delivery Ratio*) atau cukup dikenal dengan *SDR* adalah perhitungan untuk memperkirakan besarnya hasil sedimen dari suatu daerah tangkapan air. Perhitungan besarnya *SDR* dianggap penting dalam menentukan prakiraan yang realistis besarnya hasil sedimen total berdasarkan perhitungan erosi total yang berlangsung di daerah tangkapan air. Perhitungan ini tergantung dari faktorfaktor yang mempengaruhi , hubungan antara besarnya hasil sedimen dan besarnya erosi total yang berlangsung di daerah tangkapan air umumnya bervariasi. Variabilitas angka *SDR* dari suatu DAS akan ditentukan : Sumber sedimen, jumlah sedimen, sistem transpor, Tekstur partikel-partikel tanah yang tererosi, lokasi deposisi sedimen dan karateristik DAS (Asdak C., 2007).

Pada suatu media, Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang Adang Saff Ahmad pernah mengutarakan, akibat terjadinya bencana longsor Gunung Bawakaraeng yang terjadi pada tahun 2004 silam, telah menghasilkan material sedimentasi (lumpur) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang sebesar 230 juta/m3. Berbagai upaya pengendalian aliran material ini terus dilakukan, termasuk membangun titik- titik kantong pasir (sand pocket) untuk menahan aliran sedimentasi.

Keadaan sedimentasi pada DAS Jeneberang, diperoleh data yang menunjukkan Sub DAS Jeneberang Hilir (yang dilalui oleh Sungai Jeneberang) didapatkan berat lumpur/air sebesar 41.200 mg/liter (pada penelitian 20 November 1996). Kemudian Sub DAS Jenelata (yang dilalui oleh Sungai Jenelata) mempunyai sedimentasi dengan berat lumpur/air sebesar 132.800 mg/liter. Sedangkan pada penelitian tahap II (28 juli 2004) keadaan sedimentasi tertinggi terdapat pada Sub DAS Jeneberang Hilir sebesar 4.750.000 mg/liter, Sub DAS Jenelata sebesar 13.467 mg/liter.

Hal ini menunjukkan telah terjadi sedimentasi terparah dalam kurun waktu 11 tahun di Sub DAS Jeneberang Hilir. Tingkat bahaya erosi yang tergolong dalam kategori berat adalah untuk Sub DAS Jenelata seluas 9.535,56 Ha. Sedangkan pada Sub DAS wilayah Lengkese dan Malino, Gowa umumnya tergolong dalam kategori sedang dengan masing-masing luas 8.231,4 Ha dan 8.016,04 Ha.

Pada Sub DAS Jeneberang Hilir dan Sub DAS Tallo, tingkat bahaya erosi umumnya tergolong kategori sangat ringan dengan masing-masing luas 22.370,98 Ha dan 18.525, 27 Ha. http://www.kabarkami.com/erosi-sedimentasi-sungai-jeneberang-semakin-mengancam.html
Besarnya *SDR* dalam perhitungan-perhitungan erosi atau hasil sedimen untuk suatu daerah aliran sungai umumnya ditentukan dengan menggunakan grafik hubungan luas DAS dan besarnya SDR seperti dikemukakan oleh Roehl (1962) dalam Asdak C. (2007). Hubungan luas DAS dan besarnya *SDR* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan luas DAS dan Sediment Delivery Ratio (SDR)

Luas		SDR
km²	**Ha**	
0.1	10	0.52
0.5	50	0.39
1	100	0.35
5	500	0.25
10	1000	0.22
50	5000	0.153
100	10000	0.127
500	50000	0.079

Sumber : Sitanala Arsad, 2000

Sedang cara lain untuk menentukan besarnya *SDR* adalah dengan menggunakan persamaan :

$$\mathbf{SDR} = \frac{\textbf{Hasil sedimen yang diperoleh}}{\textbf{Erosi total pada suatu DAS}}$$

Sedang total sedimen yang diperbolehkan dalam suatu DAS adalah adalah hasil kali *SDR* dengan toleransi erosi untuk tanah, besarnya toleransi erosi untuk tanah menurut Thompson (1957) tergantung dari sifat tanah dan letaknya, hal ini dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Toleransi erosi untuk tanah (Thompson, 1957)

No	Sifat tanah dan substratum	Toleransi erosi (ton/ha/tahun)
1	Tanah dangkal, di atas batuan	**1,12**
2	Tanah dalam, di atas batuan	**2,24**
3	Tanah dengan lapisan bawahnya (subsoil) padat, di atas sub stratum yang tidak terkonsolidasi (telah mengalami pelapukan)	**4,48**
4	Tanah dengan lapisan bawahnya berpermeabilitas lambat, di atas bahan yang tidak terkonsolidasi.	**8,96**
5	Tanah dengan lapisan bawahnya berpermeabilitas sedang, di atas bahan yang tidak terkonsolidasi.	**11,21**

6	Tanah yang lapisan bawahnya permeabel (agak cepat), di atas bahan yang tidak terkonsolidasi	**13,45**

Sumber : Sitanala Arsad, 2000

Hasil sedimen dari suatu daerah aliran tertentu dapat ditentukan dengan pengukuran pengangkutan sedimen terlarut (*suspended sediment*) pada titik kontrol dari alur sungai. Sedimen yang sering dijumpai dalam sungai baik terlarut maupun tidak terlarut adalah merupakan produk dari pelapukan batuan induk yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama perubahan iklim.

Hasil pelapukan batuan-batuan tersebut dikenal sebagai partikel-partikel tanah, oleh karena itu pengaruh dari tenaga kinetis air hujan dan aliran air permukaan terutama di daerah tropis, partikel-partikel tanah tersebut dapat terkelupas dan terangkut ke tempat yang lebih rendah untuk kemudian masuk ke dalam sungai dan dikenal sebagai sedimen. Karena adanya proses transport sedimen yang terjadi akibat aliran air sungai maka akan berakibat pada pendangkalan-pendangkalan dan terbentuknya tanahtanah baru di daerah pinggir-pinggir sungai dan delta-delta sungai.

Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya dikenal berbagai jenis sedimen seperti pasir, liat dan lainnya tergantung pada ukuran partikelnya. Menurut ukurannya, sedimen dibedakan menjadi beberapa jenis seperti pada Tabel 3 (Dunne & Leopold, 1978 dalam Asdak C, 2007)

Tabel 3. Jenis sedimen berdasarkan ukuran partikel

Jenis Sedimen	Ukuran partikel (mm)
Liat	<0.0039
Debu	0.0039-0.0625
Pasir	0.0625 – 2.00
Pasir berat	2.00 – 64

(Sumber : Asdak C.2007)

Kecepatan aliran sungai biasanya lebih besar pada badan sungai dibandingkan di tempat dekat dengan permukaan tebing ataupun dasar sungai, dalam pola aliran sungai yang tidak menentu (*turbulance flow*) tenaga momentum yang diakibatkan oleh kecepatan aliran yang tak menentu tersebut akan dipindahkan ke arah aliran air yang lebih lambat oleh gulungan-gulungan air yang berawal dan berakhir secara tidak menentu juga.

Gulungan-gulungan aliran air akan mengakibatkan terjadinya bentuk perubahan dari tenaga kinetis yang dihasilkan oleh adanya gerakan aliran sungai menjadi tenaga panas, yang berarti bahwa ada tenaga yang hilang akibat gerakan gulungan aliran air tersebut. Namun ada juga sebagian tenaga kinetis yang bergerak ke dasar aliran sungai yang memungkinkan terjadinya gerakan partikel-partikel besar sedimen yang berada di dasar sungai dan dikenal sebagai sedimen merayap (Asdak C.,2007). Besarnya perkiraan hasil sedimen menurut Asdak C.2007 dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

Y = E (*SDR*) Ws

Dimana

Y = Hasil sedimen per satuan luas

E = Erosi Jumlah

Ws = Luas Daerah Aliran Sungai.

SDR = *Sediment Delivery Ratio (*Nisbah Pelepasan Sedimen)

Besarnya nilai *SDR* dalam perhitungan hasil sedimen suatu daerah aliran sungai umumnya ditentukan dengan menggunakan tabel hubungan antara luas DAS dan besarnya *SDR* (tabel 1)

Untuk menghitung perkiraan besarnya erosi yang terjadi di suatu DAS dapat digunakan metode *USLE*, menurut Asdak C. (2007) dengan formulasi:

E = R.K.LS.C.P

Dimana :

E = perkiraan besarnya erosi jumlah (ton/ha/tahun)
R = faktor erosivitas hujan
K = faktor erodibilitas lahan
L.S = faktor panjang – kemiringan lereng
C = faktor tanaman penutup lahan atau pengelolaan tanaman
P = faktor tindakan konservasi lahan

Adapun masing – masing faktor dapat dijelaskan sebagai berikut :

Erositas Hujan (R)

Erosivitas hujan adalah kemampuan air hujan sebagai penyebab terjadinya erosi yang bersumber dari laju dan distribusi tetesan air hujan, dimana keduanya mempengaruhi besarnya energi kinetik air hujan. Berdasarkan data curah hujan bulanan, faktor erosivitas hujan (R) dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan (Asdak C.,2007)

$$\mathbf{R = 2.21\ P^{1.36}}$$

dimana :

R = indeks erosivitas
P = Curah hujan bulanan (cm)

Erodibilitas Tanah (K)

Nilai erodibilitas tanah (K) ditentukan oleh tekstur, struktur, permeabilitas tanah dan kandungan bahan organik dalam tanah (*Weschemeier et all, 1971).* Penentuan nilai K dapat ditentukan dengan nomograf atau dapat pula dihitung dengan mempergunakan persamaan *Hammer, 1970,* sebagai berikut

$$K = \frac{2{,}731\ M^{1{,}14}(10^{-4})(12\text{-}a)+3{,}25(b\text{-}2)+2(c\text{-}3)}{100}$$

Dimana :

K = Faktor erodibilitas tanah

M = Parameter ukuran butir

a = Prosentase bahan organik (% C x 1,724)

b = Kode strukur tanah

c = Kode permeabilitas tanah

Dalam mempergunakan persamaan di atas dapat dilakukan dengan ketentuan – ketentuan sebagai berikut :

1) Bila data tekstur tanah yang tersedia hanya fraksi pasir, debu dan liat, prosentase pasir sangat halus dapat diduga sepertiga dari prosentase pasir.
2) Bila data tekstur hasil analisa laboratorium tidak tersedia maka dapat dipergunakan pendekatan sesuai pada Tabel 4.
3) Bila data bahan organik tidak tersedia, maka dapat ditentukan dari Tabel 5. angka prosentase bahan organik > 5 % digunakan sebagai acuan maksimum.

Tabel 4. Penilaian Ukuran Butir – M (Hammer 1978)

Kelas Tekstur (USDA)	Nilai M	Kelas Tekstur (USDA)	Nilai M
Heavy clay	210	Loamy sand	3245
Medium clay	750	Silty clay loam	3770
Sandy clay	1215	Sandy loam	4005
Light clay	1685	loam	4390
Sandy clay loam	2160	Silt loam	633o
Silty clay	2830	Silt	8245
Clay loam	2830	Tidak diketahui	4000
Sandy	3035		

Sumber : Suripin. (2002)

Tabel 5. Kelas Kandungan Bahan Organik

Klas	Prosentase (%)
Sangat rendah	< 1
Rendah	1 -2
Sedang	2,1 – 3
tinggi	3,1 – 5
Sangat tinggi	>5

Sumber : Suripin (2002)

Tabel 6. Nilai K untuk Beberapa Jenis Tanah di Indonesia (Arsyad, 1979)

No	Jenis tanah	Nilai K
1	Latosol (Inceptisol, Oxic subgroup) Darmaga, bahan induk volkanik	0,04
2	Mediteran Merah Kuning (Alfisol) Cicalengka, bahan induk volkanik	0,13
3	Mediteran (Alfisol) Wonosari, bahan induk breksi dan batuan liat	0,21
4	Podsolik Merah Kuning (Ultisol) Jonggol, bahan induk batuan liat	0,15
5	Regosol (Inceptisol) Sentolo, bahan induk batuan liat	0,11
6	Grumusol (Vertisol) Blitar, bahan induk serpih (shale)	0,24
7	Alluvial	0,15

Kemiringan Lereng (LS)

Peta kemiringan lereng diperoleh dari evaluasi garis kontur pada peta topografi skala 1 : 50.000 seri A.M.S – T.725 yang dibantu dengan mempergunakan perangkat lunak. Dalam pembuatan nilai indeks panjang dan kemiringan lereng (LS) ini hanya ditentukan dari kemiringan lereng saja

Pengelolaan Tanaman (C)

Dalam penentuan indeks pengelolaan tanaman ini ditentukan dari peta tata guna lahan dan keterangan tata guna lahan pada peta topografi ataupun data yang langsung diperoleh dari lapangan.

Konservasi Tanah (P)

Sedangkan penentuan indek konservasi tanah ditentukan dari interprestasi jenis tanaman dari tata guna lahan yang dievaluasi dengan kemiringan lereng serta pengecekan di lapangan.

Penentuan Bahaya Erosi

Bahaya erosi pada dasarnya adalah suatu perkiraan jumlah tanah hilang maksimum yang akan terjadi pada suatu unit lahan, bila pengelolaan tanaman dan konservasi tanah tidak mengalami perubahan dalam jangka waktu yang panjang. Erosi tanah akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain curah hujan yang akan berpengaruh terhadap erosivitas hujan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng atau indeks panjang lereng, indeks pengelolaan tanaman dan indeks konservasi tanah. Dalam hal ini perkiraan jumlah tanah hilang maksimum yang akan terjadi pada unit lahan diperhitungkan dengan rumus yang telah dikembangkan oleh ***Smith dan Wischmeier*** atau dikenal sebagai ***Universal Soil Loss Equation (USLE).***

Perhitungan bahaya erosi setiap unit lahan dilakukan dengan cara menumpang tindihkan faktor – faktor yang mempengaruhi erosi tersebut di atas. Kemudian besarnya bahaya erosi dikelompokkan seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kelas Bahaya Erosi

Kelas		Bahaya Erosi	
		Ton/ha/tahun	mm/tahun
I	Sangat ringan	<1,75	<0,1
II	Ringan	1,75 – 17,50	0,1 – 1,0
III	Sedang	17,50 – 46,25	1,0 – 2,5
IV	Berat	46,25 – 92,50	2,5 – 5,0
V	Sangat berat	>92,50	>5,0

Sumber : Suripin (2002)

Perhitungan besarnya debit sedimen harian menurut Suripin (2002) dihitung dengan rumus :

Qs = 0.0864 xxCs x Qw

Qs = Debit sedimen harian (ton/hari)

Qw = Debit aliran harian (m3/det)

Cs = Konsentrasi sediment layang (mg/l)

Daerah Aliran Sungai

Secara umum Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah, yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit atau gunung, maupun batas bantuan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberikan kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*) (Suripin, 2002). Daerah Aliran Sungai merupakan suatu cekungan geohidrologi yang dibatasi oleh daerah tangkap air dan dialiri oleh suatu badan sungai dan merupakan penghubung antara kawasan daratan di hulu dengan kawasan pesisir, sehingga kondisi di kawasan hulu akan berdampak pada kawasan pesisir. DAS meliputi semua komponen lahan, air dan sumberdaya biotik yang merupakan suatu unit ekologi dan mempunyai keterkaitan antar komponen. DAS mempunyai banyak sub-sistem yang juga merupakan fungsi dan bagian dari suatu konteks yang lebih luas (Clark, 1996 dalam Anna S, 2001).

Menurut Suranggajiwa (1978) dalam Anna S., 2001, Daerah Aliran Sungai adalah suatu ekosistem yag merupakan kumpulan dari berbagai unsur dimana unsur-unsur utamanya adalah vegetasi, tanah, air serta manusia dan segala daya upayanya yang dilakukan di daerah tersebut. Gunawan (1991) dalam Anna S, 2001 membagi komponen-komponen

Daerah Aliran Sungai menjadi 2 (dua) yaitu :

1) Lingkungan Fisik, meliputi :
    a) bentuk wilayah (topologi, bentuk dan luas DAS)
    b) tanah (jenis tanah, sifat kimia fisk, kelas kemampuan)
    c) air (kualitas dan kuantitas)
    d) vegetasi/hutan (jenis, kerapatan, penyebaran)
2) Manusia, meliputi :
    a) Jumlah manusia
    b) Kebutuhan hidup

Peningkatan jumlah manusia khususnya yang tinggal di sekitar DAS akan diikuti oleh peningkatan kebutuhan hidup yang harus dipenuhi melalui pemanfaatan sumber daya alam (yang merupakan bagian dari lingkungan fisik) akan mempengaruhi perubahan perilaku manusia terutama dalam usaha untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Perubahan perilaku yang bersifat merusak/negatif akan dapat menimbulkan tekanan terhadap lingkungan fisik, yang memiliki keterbatasan dan dikenal sebagai daya dukung lingkungan (DDL). Jika tekanan semakin besar maka daya dukung lingkungan pun akan menurun. Sungai sebagai komponen utama DAS mempunyai beberapa definisi yaitu : Menurut Haslam, 1992 (dalam Anna S., 2001) bahwa :

1) Sungai atau aliran sungai adalah jumlah air yang mengalir sepanjang lintasan di darat menuju ke laut sehingga sungai merupakan suatu lintasan dimana air yang berasal dari hulu bergabung dan menuju ke suatu arah yaitu hilir (muara).
2) Sungai merupakan suatu tempat kehidupan perairan membelah daratan. Menurut Sulasdi, 2000 (dalam Anna S., 2001), sungai mempunyai potensi seimbang yang ditunjukkan oleh daya guna sungai tersebut antara lain untuk kebutuhan air baku, pertanian, energi dan lain-lain dan sungai mampu mengakibatkan banjir, pembawa sedimentasi, serta pembawa limbah (polutan dari industri, pertanian, pemukiman dan lain-lain).

Oleh karena itu, upaya pengelolaan DAS ditujukan untuk memperbesar pemanfaatannya dan sekaligus memperkecil dampak negatifnya. Kawasan hulu sungai mempunyai peran penting yaitu selain sebagai tempat penyedia air untuk dialirkan ke daerah hilirnya bagi kepentingan pertanian, industri dan pemukiman juga berperan sebagai pemelihara keseimbangan ekologis untuk sistem penunjang kehidupan (Supriadi, 2000 dalam Anna S., 2001).

Dalam terminologi ekonomi, daerah hulu merupakan faktor produksi dominan yang sering mengalami konflik kepentingan penggunaan lahan untuk kegiatan pertanian, pariwisata, pertambangan, pemukiman dan lainlain. Kemampuan

pemanfaatan lahan hulu sangat terbatas, sehingga kesalahan pemanfaatan akan berdampak negatif pada daerah hilir. Konservasi daerah hulu perlu mencakup seluruh aspek-aspek yang berhubungan dengan produksi air dan konservasi itu sendiri. Secara ekologis, hal tersebut berkaitan dengan ekosistem tangkapan air yang merupakan rangkaian proses alami suatu siklus hidrologi yang memproduksi air permukaan dalam bentuk mata air, aliran air dan sungai.

Menurut Sugandhy (1999) dalam Anna S., 2001, jika dihubungkan dengan penataan ruang wilayah, maka alokasi ruang dalam rangka menjaga dan memenuhi keberadaan air, kawasan resapan air, kawasan pengamanan sumber air permukaan, kawasan pengamanan mata air, maka minimal 30% dari luas wilayah harus diupayakan adanya tutupan tegakan pohon yang dapat berupa hutan lindung, hutan produksi atau tanaman keras, hutan wisata dan lain-lain.

Oleh karena itu untuk pemeliharaan keseimbangan alamiah serta siklus air, maka vegetasi hutan di daerah hulu menjadi sangat penting. Dipihak lainnya, keberadaan hutan di daerah hulu sangat dominan dipengaruhi oleh pola – pola pemanfaatan lahan (*local spesific land uses*) yang berhubungan dengan perilaku masyarakat, sehingga kepentingan masyarakat juga harus dimasukkan sebagai faktor kunci dalam kebijakan pengelolaan lahan hulu. Pengalokasian sumber daya sangat berkaitan erat dengan perencanaan pemanfaatan ruang, sehingga perencanaan tata ruang yang baik berarti efisiensi pengalokasian sumberdaya lahan untuk mengoptimalisasikan kepentingan penggunaan lahan.

Sesuai dengan posisinya DAS merupakan penghubung antar kawasan daratan di hulu dengan kawasan pesisir. Sungai merupakan komponen penting dari suatu DAS yang memiliki potensi manfaat (sebagai salah satu sumber air baku) sekaligus mampu mengakibatkan banjir, sedimentasi maupun pembawa limbah lainnya. Karena sifatnya yang mengalir dari hulu ke hilir, maka dampak

dari suatu kegiatan di hulu akan juga dirasakan di hilir, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat keterkaitan ekologis huluhilir dari suatu DAS.

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai biasanya berangkat dari satu sisi yaitu bagaimana memanfaatkan dan mendapatkan keuntungan dari adanya Daerah Aliran Sungai, namun dalam hal ini harus diingat bahwa jika ada keuntungan berarti ada kerugian, oleh karena itu aspek pengelolaan harus dilihat pada kedua aspek tersebut.

Aspek pengelolaan sendiri haruslah memiliki tiga kriteria yaitu pemanfaatan, pelestarian dan pengendalian. Aspek pemanfaatan yaitu bagaimana memanfaatkan dan mendapatkan keuntungan dari adanya sumber daya air tanpa memikirkan kerugian yang akan ditimbulkan. Sedangkan aspek pelestarian dapat dilakukan agar aspek pemanfaatannya dapat berkelanjutan sehingga perlu upaya-upaya pelestarian baik dari segi jumlah maupun segi kualitas.

Menjaga daerah tangkapan hujan di daerah hulu maupun di daerah hilir merupakan salah satu kegiatan pengelolaan, sehingga perbedaan debit pada musim kemarau dan musim hujan tidak terlalu besar. Dan terakhir adalah aspek pengendalian dimana kita menyadari bahwa selain pembawa manfaat sumberdaya air juga memiliki daya rusak fisik maupun kimia. Badan air dalam hal ini sungai biasanya menjadi tempat pembuangan barang yang tak terpakai maupun sebagai penampung akhir hasil erosi lahan yang dapat berakibat terjadinya sedimentasi serta berakibat pada terjadinya bencana banjir.

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai haruslah melihat ketiga aspek yang ada, karena jika salah satu aspek ditiadakan maka akan berakibat tidak adanya kelestarian dalam pemanfaatan bahkan dapat berakibat buruk. Jika kita tidak dapat mengelola Daerah Aliran Sungai secara baik dan benar maka kita akan menerima akibatnya bahkan untuk generasi yang akan datang. Sasaran dan

tujuan utama dari sistem pengelolaan DAS adalah untuk memaksimalkan keuntungan sosial ekonomi dari segala aktivitas tataguna lahan di Daerah Aliran Sungai tersebut.

Sasaran dan tujuan tersebut harus dikaitkan dengan karakteristik DAS seperti kondisi sosial, budaya, ekonomi, fisik, dan biologi yang akan dikelola. Namun demikian sasaran yang akan dicapai pada umumnya adalah untuk meningkatkan atau memperbaiki keadaan DAS sehingga tingkat produktivitas di tempat tersebut tetap tinggi dan pada saat bersamaan, dampak negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pengelolaan tataguna lahan tersebut di daerah hilir dapat diperkecil.

Kerangka pemikiran pengelolaan DAS terdiri dari tiga dimensi pendekatan analisis pengelolaan DAS yaitu (Hufschmidt, 1986 dalam Asdak C, 2007) :

1) Pengelolaan DAS sebagai proses yang melibatkan langkah-langkah perencanaan dan pelaksanaan yang terpisah tetapi erat kaitannya.
2) Pengelolaan DAS sebagai sistem perencanaan pengelolaan dan sebagai alat implementasi program pengelolaan DAS melalui kelembagaan yang relevan dan terkait.
3) Pengelolaan DAS sebagai serial aktivitas yang masing-masing berkaitan dan memerlukan perangkat pengelolaan yang spesifik.

Secara konseptual, pengelolaan DAS dipandang sebagai suatu sistem perencanaan dari aktivitas pengelolaan sumberdaya termasuk tataguna lahan, praktek pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya setempat dan praktek pengelolaan sumberdaya di luar daerah kegiatan, dan sebagai alat implementasi untuk menempatkan usaha-usaha pengelolaan DAS seefektif mungkin melalui elemen-elemen masyarakat dan perorangan, serta pengaturan organisasi dan kelembagaan di daerah pelaksanaan.

Tabel 8. Pengelolaan DAS sebagai suatu Sistem Perencanaan

No	Aktivitas Pengelolaan Sumberdaya	Alat Implementasi	Pengaturan Organisasi dan Kelembagaan
1	Pengaturan tataguna lahan utama	Untuk setiap kategori usaha pengelolaan :	Untuk setiap kategori usaha pengelolaan :
2	Pertanian, Kehutanan, Perumputan, Pertambangan dan Pemanfaatan sumberdaya alam lainnya	Peraturan – peraturan • Ijin dan denda • Harga, pajak & subsidi • Pinjaman dan hibah • Bantuan teknis • Pendidikan dan Informasi • Implementasi langsung oleh Instansi Umum	Non Organisasi • Pemilikan tanah • Kebijakan ekonomi • Pengaturan informal
3	Praktek pengelolaan di luar wilayah proyek		Organisasi : • Perencanaan dan Pengelolaan • Jasa Pelayanan • Lembaga Kredit

(Sumber : Asdak C., 2007)

Kriteria dan Indikator Kinerja Ekosistem Daerah Aliran Sungai

Dalam pedoman pengelolaan ekosistem DAS, kriteria dan indikator kinerja DAS perlu ditentukan karena keberhasilan maupun kegagalan hasil program pengelolaan DAS dapat dimonitoring dan dievaluasi melalui kriteria dan indikator yang ditentukan khusus untuk maksud tersebut. Kriteria dan indikator pengelolaan DAS harus bersifat sederhana dan cukup praktis untuk dilaksanakan, terukur, dan mudah dipahami terutama oleh para pengelola DAS dan pihak lain yang mempunyai kepentingan terhadap program pengelolaan DAS. Penetapan kriteria dan indikator kinerja diupayakan agar relevan dengan tujuan penetapan kriteria dan indikator dan diharapkan akan mampu

menentukan bahwa program pengelolaan DAS dianggap berhasil atau belum/kurang/tidak berhasil. Dengan kata lain status atau "kesehatan" suatu DAS dapat ditentukan dengan menggunakan kriteria-kriteria kondisi tata penggunaan lahan, sosial ekonomi, dan kriteria kelembagaan. Tabel 5 menunjukkan kriteria dan indikator untuk menentukan kinerja DAS.

Tataguna, kemampuan dan kesesuaian lahan merupakan salah satu indikator dalam upaya pengelolaan DAS. Berbagai jenis, penyebaran dan luas penggunaan lahan merupakan indikator keseimbangan penutupan lahan di dalam DAS. Berdasarkan kemampuan lahannya dapat dianalisa apakah penggunaan lahan telah sesuai dibandingkan dengan penggunaan lahan yang ada sekarang.

Kebijakan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Pengelolaan sumber daya air dilaksanakan secara terpadu (multi sektoral), menyeluruh (hulu-hilir, kualitas-kuantitas, berkelanjutan (antar generasi)), berwawasan lingkungan dengan DAS (satuan wilayah hidrologis) sebagai kesatuan pengelolaan. Satu sungai, satu rencana, satu pengelolaan secara terpadu dengan memperhatikan sistem pemerintahan yang sekarang (desentralisasi) dapat ditentukan bahwa :

1) Satuan sungai dalam artian DAS yang merupakan kesatuan wilayah hidrologis yang dapat mencakup wilayah administratif yang ditetapkan sebagai satu kesatuan wilayah yang tidak dapat dipisah-pisahkan.
2) Dalam satu sungai hanya berlaku satu rencana induk dan rencana kerja yang terpadu, menyeluruh, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.
3) Dalam satu sungai ditetapkan satu sistem pengelolaan yang dapat menjamin keterpaduan kebijakan strategis dan perencanaan operasional dari hulu sampai hilir.

Pengembangan dan pengelolaan sumber daya air secara nasional dilakukan secara holistik, terencana dan berkelanjutan. Perencanaan, pengembangan

serta pengelolaan sumber daya air yang bersifat spesifik harus dilakukan secara terdesentralisasi dengan tetap memperhatikan kesatuan wilayah DAS.

Pendayagunaan sumberdaya air harus berdasarkan prinsip partisipasi dan konsultasi pada masyarakat di setiap tingkatan dan mendorong pada tumbuhnya komitmen bersama antar pihak-pihak terkait (*stakeholder)* dan penyelenggaraan seluruh kegiatan/aktivitas yang layak secara sosial. Sesuai dengan definisi pengelolaan DAS yaitu upaya manusia dalam mengendalikan hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, dengan tujuan membina kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatkan kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan, maka sebagai konsekuensinya setiap peraturan perundang-undangan maupun kebijakan yang mengatur tentang alokasi sumberdaya alam akan langsung berpengaruh terhadap performance suatu DAS sebagai satuan ekosistem dengan segala komponen yang ada.

Keterpaduan pengelolaan DAS sangat diperlukan yaitu dalam upaya pendekatan ekosistem karena pengelolaan DAS ini melibatkan semua pihak yang sangat berkepentingan dan sangat kompleks yaitu melibatkan multi sumberdaya (alam dan buatan), multi kelembagaan, multi para pihak terkait (*stakeholder*) dan bersifat lintas batas (administrasi dan ekosistem). Pola pengelolaan DAS bertumpu pada mekanisme koordinasi dan kooperasi. Fungsi koordinasi adalah proses pengendalian berbagai kegiatan, kebijakan atau keputusan berbagai organisasi dan kelembagaan sehingga tercapai keselarasan dalam pencapaian tujuan dan sasaran yang disepakati. Dua aspek penting dalam koordinasi adalah aspek koordinasi kebijakan dan koordinasi kegiatan atau program.

Koordinasi kebijakan secara umum menyerupai koordinasi dalam perumusan kebijakan dan pengambilan keputusan. Karena pengelolaan DAS melibatkan banyak sektor maka akan terjadi tumpang tindih kebijakan dan bahkan tabrakan kepentingan antar departemen sektoral. Untuk mencegah

permasalahan tersebut menurut Asdak C. (2007) maka perlu dilakukan koordinasi dalam perumusan kebijakan yaitu :

1) Koordinasi kebijakan preventif, yaitu pencegahan sedini mungkin terjadinya tabrakan kepentingan antara berbagai instansi yang terkait.
2) Koordinasi strategis, lebih diarahkan kepada upaya penyelarasan antara suatu kebijakan tertentu dengan kepentingan strategis pencapaian tujuan umum yang telah disepakati bersama.

Koordinasi program secara umum lebih berkaitan dengan koordinasi kegiatan administrasi, menurut C. Asdak (2007) dibedakan menjadi :

1) Koordinasi administrasi prosedural, pada umumnya diarahkan untuk menciptakan keselarasan berbagai prosedur dan metoda administratif.
2) Koordinasi administrasi substansial, yang diarahkan untuk menciptakan keselarasan kerja dan kegiatan (sinergi), bagi setiap unit organisasi termasuk individu dalam rangka tercapainya efisiensi, efektivitas, dan produktivitas pelaksanaan kebijakan demi tercapainya tujuan akhir yang telah disepakati bersama.

Strategi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Sumberdaya alam merupakan modal penting dalam menggerakkan pembangunan di suatu daerah, sehingga pengelolaan sumberdaya alam menjadi masalah strategis untuk diputuskan secara adil, transparan dan berkelanjutan. Sesuai semangat yang terkandung dalam UU No. 32 tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah, maka strategi pengelolaan DAS yang bersifat lintas regional adalah : (

1) Membangun kesepakatan dan kesepahaman antar daerah dalam pengelolan DAS lintas regional.

   Masing-masing daerah memahami konsep/mekanisme hidrologis yang terjadi secara alamiah dalam pemanfaatan sumberdaya alam, dimana mekanisme hidrologis ini menekankan adanya karakteristik antara satu

wilayah dengan wilayah lainnya. Mekanisme ini akan memperkecil pengaruh penguasaan sumberdaya alam secara eksklusif oleh daerah-daerah yang memiliki sumber daya alam berlebih. Komitmen bersama untuk membangun sistem pengelolaan DAS yang berkelanjutan dan untuk memperoleh keseimbangan dan keserasian antara kepentingan ekonomi, ekologi dan sosial. Komitmen bersama ini adalah langkah.

2) Membangun legislasi yang kuat. Kebijakan publik dalam pengelolaan sumberdaya alam akan memiliki kekuatan pengendalian perilaku masyarakat (*public*) apabila dikukuhkan oleh sistem yang legal (hukum) yang tegas dan jelas. Legalisasi pengelolaan DAS mengatur perilaku manusia dalam hubungannya terhadap pengelolaan sumber daya alam Legalisasi memberikan power dan kewenangan.
3) Meningkatkan peran institusi (kelembagaan) Kelembagaan merupakan suatu sistem hukum yang kompleks, rumit, yang mencakup ideologi, hukum, adat istiadat, aturan, kebiasaaan yang tidak terlepas dari lingkungan. Kelembagaan mengatur apa yang dapat dilakukan atau yang tidak dapat dilakukan (dilarang) oleh individu (perorangan atau organisasi) atau dalam kondisi yang bagaimana individu itu dapat mengerjalan sesuatu. Oleh karena itu kelembagaan adalah suatu alat atau instrumen yang mengatur hubungan antara individu. Penataan institusi dalam pengelolaan DAS menjadi sangat sentral, dan salah satu produk institusi yang sangat penting adalah perumusan kebijakan publik. Kebijakan publik dalam pengelolaan DAS diperlukan untuk menghadapi permasalahan yang kompleks dalam mengatur perilaku masyarakat dalam menjalankan sistemnya.

Peran Serta Masyarakat

Pengertian peran serta masyarakat dalam kerangka pemerintahan dan pembangunan oleh berbagai orang sangat berbeda, hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Sikap kerja sama masyarakat dengan cara mendatangi rapat-rapat tentang pembangunan, mengajukan pertanyaan dan lain-lain, dianggap merupakan wujud bahwa masyarakat telah berperan serta.
2) Pengorganisasian oleh kelompok masyarakat seperti pertemuan-pertemuan dimana aparat pemerintah dapat memberikan ceramah tentang pembangunan, peneliti menyampaikan hasil penelitiannya dan lain-lainnya, dianggap sebagai wujud peran serta masyrakat
3) Perorangan, kelompok, masyarakat atau lembaga yang aktif dalam menyediakan informasi yang diperlukan untuk merencanakan program pembangunan yang efektif, juga dianggap sebagai bukti masyarakat telah berperan serta.
4) Masyarakat secara langsung atau melalui wakilnya berperan serta dalam pengambilan keputusan mengenai segala sesuatu yang menyangkut dirinya seperti tujuan pembangunan, metode pelaksanaannya dan cara-cara evaluasinya adalah merupakan wujud dari peran serta lainnya.
5) Masyarakat memberikan kontribusi langsung dalam bentuk pembiayaan pembangunan sebagai ungkapan masyarakat dalam berperan serta.

Dari kelima bentuk peran serta di atas yang menumbuhkan rasa tanggung jawab dan merupakan wujud peran serta yang cukup sesuai adalah dimana masyarakat berperan serta dalam membuat keputusan, sehingga mereka akan berusaha mematuhi atau mengikuti setiap keputusan yang telah mereka tentukan sendiri. Peran serta masyarakat sangatlah penting untuk pengelolaan suatu DAS, tidak hanya pada infrastrukur saja, tetapi melalui efisiensi penggunaan air sekitar DAS baik untuk air irigasi maupun domestik, pembuatan sumur-sumur resapan di setiap perumahan/ perkebunan, pembuatan penampung hujan, pencegahan erosi di lahan pertanian dengan membangun terasering dan penanaman tumbuhan yang mempunyai nilai ekonomis sehingga bermanfaat bagi Daerah Aliran Sungai serta bagi masyarakat pemakai.

Dalam hal ini pengelolaan DAS diartikan sebagai upaya mengendalikan hubungan timbal balik antara manusia beserta segala aktivitasnya dengan sumber daya alam tanah, air dan vegetasi di dalam wilayah DAS, sehingga diperoleh manfaat yang optimal, lestari dalam ekossitem yang serasi, agar diperoleh manfaat yang optimal maka saah satu asas pengelolaan DAS adalah kebersamaan yaitu kebersamaan dari seluruh komponen yang terkait (*stakeholders)* dari DAS yang bersangkutan, kebersamaan berupa tanggung jawab dalam menjaga agar sumber daya alam tanah, air dan vegetasi dalam DAS memberi manfaat yang optimal dan lestari.

Kelembagaan

Permasalahan utama dalam pengelolaan DAS dan konservasi tanah berkaitan dengan masalah kelembagaan berupa :

1) Perbedaan sistem nilai (*value*) masyarakat berkenaan dengan kelangkaan sumberdaya, sehingga penanganan persoalan di Jawa berbeda dengan di luar Jawa.
2) Orientasi ekonomi yang kuat tidak diimbangi komitmen terhadap perlindungan fungsi lingkungan yang berimplikasi pada munculnya persoalan dalam implementasi tata ruang.
3) Persoalan laten berkaitan dengan masalah agraria dan d. Kekosongan lembaga/instansi pengontrol pelaksanaan program.

Menurut Asdak C. (2007), dalam keterkaitan biofisik wilayah hulu-hilir suatu DAS, hal-hal tersebut di bawah ini perlu menjadi perhatian :

1) Kelembagaan yang efektif seharusnya mampu merefleksikan keterkaitan lingkungan biofisik dan sosek dimana lembaga tersebut beroperasi. Apabila aktivitas pengelolaan di bagian hulu. DAS akan menimbulkan dampak yang nyata pada lingkungan biofisik dan atau sosek di bagian hilir dari DAS yang sama, maka perlu adanya desentralisasi pengelolaan DAS yang melibatkan bagian hulu dan hilir sebagai satu kesatuan perencanaan dan pengelolaan.

2) *Externalities*, adalah dampak (positif/negatif) suatu aktivitas/program dan atau kebijakan yang dialami/dirasakan di luar daerah dimana program/ kebijakan dilaksanakan. Dampak tersebut seringkali tidak terinternalisir dalam perencanaan kegiatan. Dapat dikemukakan bahwa *negative externalities* dapat mengganggu tercapainya keberlanjutan pengelolaan DAS bagi : (1) masyarakat di luar wilayah kegiatan (*spatial externalities*), (2) masyarakat yang tinggal pada periode waktu tertentu setelah kegiatan berakhir (*temporal externalities*), dan (3) kepentingan berbagai sector ekonomi yang berada di luar lokasi kegiatan (*sectoral externalities*).

Peran strategis DAS sebagai unit perencanaan dan pengelolaan sumberdaya semakin nyata pada saat DAS tidak dapat berfungsi optimal sebagai media pengatur tata air dan penjamin kualitas air yang dicerminkan dengan terjadinya banjir, kekeringan dan tingkat sedimentasi yang tinggi. Dalam prosesnya maka kejadian-kejaian tersebut merupakan fenomena yang timbul sebagai akibat dari terganggunya fungsi DAS sebagai satu kesatuan sistem hidrologi yang melibatkan kompleksitas proses yang berlaku pada DAS. Salah satu indikator dominan yang menyebabkan terganggunya fungsi hidrologi DAS adalah terbentuknya lahan kritis.

Tabel 9. Kriteria dan Indikator Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS)

KRITERIA	INDIKATOR	PARAMETER	STANDAR	KETERANGAN
A. Penggunaan Lahan	1. Penutupan oleh Vegetasi	IPL = { LVP/Luas DAS } x 100 %	IPL > 75 % = baik 30% ≤ IPL ≤ 75 % = sedang IPL < 30 % = jelek	IPL = Indek Penutupan Lahan
	3. Erosi, Indek Erosi (IE)	IE = {Erosi Aktual/erosi yang ditolerir } x 100 %	IE ≤ 1 = baik IE > 1 = jelek	LVP = Luas lahan bervegetasi Permanen Informasi dari Peta Land Use
	4. Pengelolaan lahan	Pola tanam (C) dan tindakan Konservasi (P)	C x P ≤ 0,10 = baik 0,10 ≤ C x P ≤0,50 = sedang C x P > 0,50 = jelek	Perhitungan erosi merujuk pedoman RTL-RLKT, 1998.

KRITERIA	INDIKATOR	PARAMETER	STANDAR	KETERANGAN
B. Tata Air	1. Debit Air Sungai	a. KRS = Qmax /Qmin	KRS < 50 = baik 50 ≤ KRS ≤ 120 = sedang KRS 120 = jelek	Perhitungan nilai C & P merujuk pedoman RLTRLKT, 1998
		b. CV = {Sd/Qrata2 } x 100 %	CV < 10 % = baik CV > 10 % = Jelek	Data SPAS
	2. Kandungan sediman	c. IPA = kebutuhan/ persedian kasar lumpur dalam air	Nilai IPA semakin kecil semakin baik Semakin menurun semakin baik menurut mutu peruntukan	IPA = kebutuhan persedian data SPAS
	3. Kandungan pencemaran	Kadar biofisika kimia	Menurut standar yang berlaku	Menurut standar baku PP82/2001
	4. Nisbah bantar sedimen	SDR = Total sedimen /total erosi	SDR<50% = Normal, 50% ≤ SDR≤ 75% TDK NORMAL, SDR > 75% = RUSAK	SDR = Sedimen Delivery Ratio Data SPAS dan hasil perhitungan/pengukuran erosi.
C.Ekonomi	1. Ketergantungan Penduduk terhadap lahan	Kontribusi pertanian terhadap total pendapatan	> 75% = tinggi 50% - 75% = sedang	Dihitung /KK/th
	2. Tingkat Pendapatan	Pendapatan keluarga/ tahun Produksi ha/tahun Internalisasi, externalitas, pembiayaan pengelolaan bersama (*cost sharing*)	< 50% = rendah Garis Kemiskinan BPS Menurun, tetap, meningkat Ada, tidak ada	Data dari Instansi terkait atau responden Data BPS atau responden Dalam bentuk pajak retribusi untuk dana lingkungan.
	3. Produktivitas Lahan			
	4. Jasa lingkungan (air, wisata, iklim makro, umur waduk)			

KRITERIA	INDIKATOR	PARAMETER	STANDAR	KETERANGAN
4.Kelembagaan	1. Keberdaya-an lembaga local/adapt	Peranan lembaga local dalam pengelolaan DAS Intervensi pemerintah (peraturan, kebijakan). Konflik Jumlah unit	Berperan, tidak berperan	Data hasil pengamatan
	2. Ketergantu-ngan masyarakat kepada pemerintah.		Tinggi, sedang, rendah	Data hasil pengamatan
	3. KISS		Tinggi, sedang, rendah	Data hasil pengamatan
	4. Kegiatan Usaha bersama		Bertambah, berkurang, tetap	Data dari Instansi terkait.

(Sumber : Supriyono, 2001 dan Asdak C, 2007)

Alat-alat ukur erosi dan sedimentasi

Peralatan yang dipergunakan dalam pengukuran angkutan sedimen (*sediment transport*) adalah berdasarkan Standar *United States. Geological Survey* (*USGS*), peralatan tersebut telah dikembangkan oleh *Federal Inter Agency Sedimentation Project (FIASP)*. Alat ukur/ pengambil contoh sedimen yang telah distandarisasi oleh FIASP, mempunyai kode tertentu yang dapat diartikan sebagai berikut:

- US : Alat ukur/ pengambilan contoh sediment dengan standar United States.
- D : Integrasi ke dalaman (depth integrating).
- P : Integrasi titik (point integrating).
- H : Digantung/ dipegang dengan tongkat/ stick/ stang atau tali, sedangkan untuk yang digantung dengan kabel/ sounding, reel, tanpa kode/huruf H.
- BM : Material dasar (Bed Material)
- U : Bertaraf Tunggal (Single stage).
- YEAR : Tahun pembuatan/dikembangkan (ditulis, dua digit terakhir).

Berikut diuraikan salah satu peralatan untuk mengambil contoh debit sedimen melayang, yaitu *Depth integrating sampler*. Alat ini dirancang sedemikian rupa agar dapat menangkap aliran air yang bercampur dengan sedimen pada posisi tegak lurus aliran dan kecepatan aliran yang masuk ke nosel akan mempunyai nilai harga yang mendekati dengan kecepatan aliran disekitarnya. Alat ini digunakan dengan cara menurunkannya ke dasar sungai dan mengangkat sampai mendekati permukaan dengan kecepatan gerak yang sama. Salah satu tipe alat ukur ini yang biasa digunakan, yaitu *US D-48.*

Sumber: http://envco.co.nz/files/MO-HyS-DH-48-L.jpg

Gambar 5. *Depth 48 integrating sampler*

Integrasi USLE dengan Sistem Informasi Geografi (SIG)

USLE dikembangkan untuk memperkirakan kehilangan tanah pada lahan dengan ukuran kecil, sehingga dalam aplikasinya untuk memperkirakan yil sedimen (bukan kehilangan tanah) DAS, semua faktor (kecuali R) harus dihitung dengan pembobotan. Selanjutnya, jika tata guna lahan atau konservasi praktis di DAS bervariasi terhadap ruang, erosi harus dihitung secara individual untuk masing masing luasan, dan juga diperlukan modifikasi harga faktor-faktor USLE.

Cara yang paling tepat untuk mengakomodasikan karakteristik masing-masing luasan secara spasial adalah dengan aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG).

Penggunaan Sistem Informasi Geografis sebagai suatu system pengumpulan data yang terorganisir dewasa ini mulai berkembang pesat. Dan ini telah terbukti di beberapa instansi baik pemerintah ataupun swasta yang menggunakan Sistem Informasi Geografis sebagai suatu sistem pengumpulan dan penggabungan data terpadu.

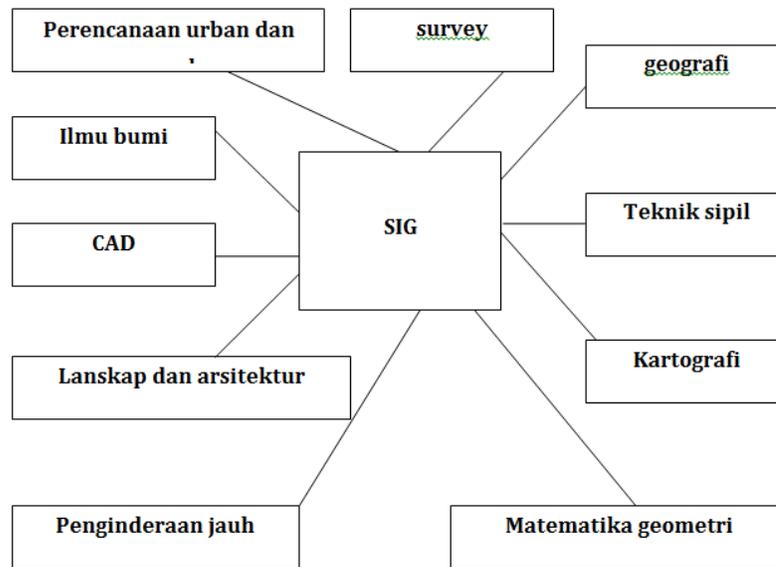
Terdapat beberapa hal yang menarik mengapa konsep SIG tersebut digunakan, bahkan di berbagai disiplin ilmu. Diantaranya ;

1) Hampir semua operasi (termasuk analisisnya) yang dimiliki oleh perangkat SIG interaktif yang didukung dengan kemudahan untuk akses menu (*user friendly*).
2) Kemampuannya untuk menguraikan entitas yang ada di permukaan bumi pada format layer data spasial. Dengan demikian permukaan tersebut dapat direkonstruksi kembali atau dimodelkan dalam bentuk nyata dengan menggunakan data ketinggian dan layer tematik yang diperlukan.
3) Aplikasi – aplikasi SIG menyediakan fasilitas untuk di-customize dengan bantuan *script-script* bahasa program yang dimiliki software SIG atau bahkan mampu untuk berintegrasi dengan perangkat aplikasi lain yang disusun dengan bahasa pemrograman yang lebih canggih (*visual basic, Delphi, C++*).
4) Software SIG menyediakan fasilitas untuk berkomunikasi dengan aplikasi – aplikasi lain hingga dapat bertukar data secara dinamis baik melalui fasilitas OLE (*Object Linking and Embedding*) ma upun ODBC (*Open Database Connectivity*) untuk mengakses *data remote*. Selain itu SIG sudah banyak diimplementasikan dalam bentuk komponen-komponen perangkat lunak yang dapat digunakan kembali oleh user yang menginginkan tampilan peta digital (terutama format *vektor*) pada aplikasinya dengan kemampuan dan kualitas standard.
5) Pada saat ini bagi user yang berada pada lokasi yang jauh dari sumber data dapat mengakses data SIG tersebut dengan mengimplementasikan *map-*

server atau GIS-server yang siap melayani permintaan (*queries*) para *client* melalui intranet ataupun internet (*web based*).

Sehingga beban kerja dapat dipisahkan antara *client* dan *server.* Selain itu, aplikasi –aplikasi SIG dapat dibuat di server maupun di client. Server akan mengatur dan memberikan layanan terhadap semua query yang masuk dari *user* (*clients*). Dengan demikian produk aplikasi SIG juga dapat dipublikasikan secara bebas di jaringan internet hingga dapat diakses menggunakan aplikasi browser internet.

Dengan demikian untuk mengelola data yang kompleks ini, diperlukan suatu sistem informasi yang secara terintegrasi mampu mengolah baik data spasial dan data atribut untuk selanjutnya mampu menjawab pertanyaan spasial dan atribut secara simultan. Dengan demikian, diharapkan keberadaan suatu sistem informasi yang efisien dan mampu mengelola data dengan struktur yang kompleks dan jumlah yang besar ini dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan.

Salah satu sistem yang menawarkan solusi untuk masalah ini adalah Sistem Infromasi Geografis (*Geographics Information System – GIS*). GIS/ SIG menjadi satu teknologi baru yang pada saat ini menjadi alat bantu yang sangat esensial dalam menyimpan, memanipulasi, menganalisis dan review kondisi-kondisi alam dengan bantuan data atribut dan spasial. SIG tersebut didukung oleh berbagai disiplin ilmu yang terkait. Sebagai ilustrasi mengenai hubungan SIG dengan bidang-bidang pendukungnya adalah sebagai berikut :

Gambar 6. Hubungan SIG dengan bidang-bidang pendukung

Konsep Sistem Informasi Geografi

Akhir-akhir ini istilah sistem menjadi sangat popular. Sistem digunakan untuk mendeskripsikan banyak hal, khususnya untuk aktivitas-aktivitas yang diperlukan untuk pemrosesan data. Pengembangan komputer dan teknologi pendukungnya sangat meningkatkan kepopuleran penggunaan sistem untuk memenuhi kebutuhan informasi sustu organisasi modern. Sistem Informasi Geografi (*Geographic Information System*) digunakan untuk mendiskripsikan banyak hal, khususnya untuk aktivitas-aktivitas yang diperlukan dalam pemrosesan data. Pengembangan komputer dan teknologi pendukungnya sangat meningkatkan kepopuleran penggunaan sistem untuk memenuhi kebutuhan informasi suatu organisasi modern.

Definisi SIG selalu berkembang, bertambah dan bervariasi. SIG juga merupakan bidang kajian ilmu dan teknologi yang relatif baru, digunakan di berbagai bidang ilmu dan berkembang cepat. Berikut ini salah satu definisi SIG yang popular yang dipublikasikan oleh ESRI (*Environmental System Research Institute*) Inc.-90.

SIG adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, mengupdate, memanipulasi,menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi yang berreferensi geografi.

Berikut beberapa terminology SIG [Demers97]

1) Geographic Information dari System dari Amerika Serikat
2) Geographical Information dari System dari Eropa
3) Geomatique dari Kanada
4) Georelational Information System terminology berbasiskan teknologi
5) Natural Resources Information System terminology berbasiskan disiplin ilmu lingkungan
6) Geoscience/ Geological Information system terbasiskan disiplin teknik geologi
7) Spatial Data Analysis System terminology berdasarkan sistemnya.

Secara fungsional definisi suatu Sistem Informasi Geografi mengandung beberapa hal berikut :

1) Mengandung beberapa jenis data baik alfa numeris, grafis berupa foto dan gambar atau informasi spatial lain dalam jumlah lain yang sangat besar.
2) Merupakan suatu kesatuan dari data yang dibentuk oleh sejumlah modul program yang saling berinteraksi.
3) Mempunyai beberapa sub-sistem yang dapat digunakan bersama untuk fungsi pengumpulan dan penyimpanan data pengambilan penampilan dan analisis informasi.

Salah satu definisi yang dapat mewakili pengertian tentang Sistem Informasi Geografis (SIG) dikemukakan oleh P.A Burrough, 1986. Menurutnya Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah seperangkat alat untuk mengkoleksi, menyimpan, memanggil kembali, transformasi dan penampilan data keruangan (*spatial*) di permukaan bumi untuk tujuan tertentu. Dari definisi di atas, maka

Sistem Informasi Geografis (SIG) pada hakekatnya dapat berfungsi sebagai berikut :

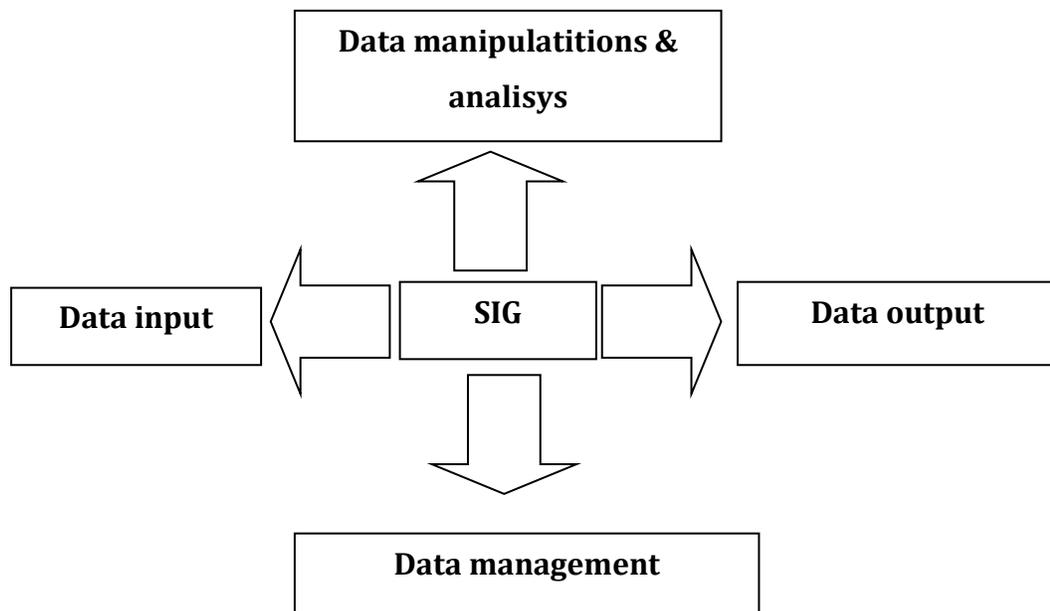
1) Bank Data Terpadu
   Memadukan data kartografis dengan data atribut dalam sistem manajemen basis data relasional (*relational data base management system*), hingga memungkinkan menolah bagai suatu kesatuan.
2) Sistem Modeling dan Analisa
   Dapat dipergunakan sebagai sarana evolusi potensi wilayah dan perencanaan spasial (tata ruang, tata lingkungan).
3) Sistem Pemetaan Otomatis
   Automatted mapping yang dapat menyajikan peta sesuai dengan kebutuhan, baik dalam arti tujuan maupun ketentuan kartografi.
4) Sistem Pengelolaan Ber-georeferensi
   Untuk pengelolaan operasional dan administrasi yang merujuk pada lokasi geografis (Pranoto Asmoro, 1989).

Fungsi-fungsi di atas sebagian besar dapat berjalan Sistem Informasi Geografis memiliki kemampuan dalam mendepskripsikan data geografis. Pada dasarnya Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menerima tiga komponen data, yaitu :

1) Data spasial/data geografis yang berhubungan dengan posisi koordinat tertentu.
2) Data non spasial (atribut) yang tidak berkaitan dengan posisi berupa tema-tema tertentu, seperti warna, tekstur, jenis lahan, dan sebagainya.
3) Hubungan antara data spasial atribut dan data waktu yang berkaitan.

Sub Sistem SIG

Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem:

1) *Data Input* [modul *data capture* – Gistut94]. Bertugas untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber. Selain bertanggung jawab dalam mengkonversi atau mentransformasikan format data asli ke dalam format yang dapat digunakan oleh SIG.
2) *Data Output* [modul *display* dan *reporting* – Gistut94]. Menampilkan output seluruh atau sebagian basis data dalam bentuk *softcopy* atau *hardcopy* (tabel, grafik, dan peta).
3) *Data Management* [subsistem *storage* dan *retrieval* – Demers97]. Mengorganisasikan data spasial dan atribut ke dalam basis data sedemikian mudah untuk dipanggil, di-*update* dan di-*edit*.
4) *Data Manipulation & Analysis*. Menentukan informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu juga memodelkan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

Gambar 7. Sub system SIG

Digitasi Peta

Salah satu sumber data yang sangat vital diperlukan adalah data masukan dari suatu peta, sehingga komponen konversi data dari peta menjadi data digital merupakan komponen utama dalam sistem data base di SIG. Proses demikian disebut sebagai Digitasi Peta.

Digitasi adalah konversi data analog ke data digital atau pemindahan elemen-elemen peta (titik, garis, luasan) ke dalam koordinat atau seri koordinat yang dihubungkan dengan suatu kode yang menunjukkkan arti dari elemen tersebut. Semua data dimasukkan pada median pita kertas (*papertape*) atau pita magnetik (*magnetic tape*). (Aryono P., 1989). Pada saat digitasi perlu adanya kode pada tiap-tiap feature yang akan didigitasi. Pemberian kode ini dimaksudkan supaya gambar peta dalam bentuk digital dapat diubah untuk keperluan pemetaan digital melalui kegiatan editing (Benny J Hendry S, dkk, 1987).

Papan digitizer berupa meja grid yang merupakan serangkaian konduktor-konduktor listrik untuk menyatakan setiap posisi titik ke dalam koordinat X dan Y. Karena grid tersebut merupakan konduktor-konduktor listrik, maka kursor yang digunakan berupa kumparan yang berpusat pada benang silangnya. Apabila merekam suatu kooordinat suatu titik akan menimbulkan arus yang mengakibatkan terjadinya suatu medan magnetis dan menimbulkan tegangan induksi pada rangkaian konduktr listrik dalam grid. Encoder dalam digitizer akan mengubah pulsa-pulsa listrik menjadi koordinat X dan Y (Aryono P, 1989).

Transformasi Koordinat

Transformasi yang dimaksudkan adalah mengkonversi koordinat digitizer menjadi sistem koordinat peta digital. Penuruna persamaan transformasinya adalah sebagai berikut :

$X\,p = r \text{ Cos } \delta \; X'\,p = r \text{ Cos } (\delta+\beta)$

Y p = r Cos δ Y’ p = r Sin (δ+β)

X’ p = r (Cos δ Cos β - Sin δ Sin β)

Y’ p = r (Cos δ Cos β+ Sin δ Sin β)

X’ p = (X’ p Cos β) - (Y p Sin β)

Y’ p = (Y’ p Cos β) + (X p Sin β)

Pengaruh perubahan skala arah x (s) dan y (s’) :

X’ p = s (X p Cos β - Y p Sin β)

Y’ p = s’(Y p Cos β + X p Sin β)

Pengaruh translasi (e,f) :

X’ p = s (X p Cos β - Y p Sin β) + e

Y’ p = s’(Y p Cos β + X p Sin β) + e

Jika a = Cos β; b = - Sin β; c= s’ Cos β; dan d = s’ Sin β, maka persamaan tersebut menjadi :

X’ p = a X p - b Y p + e

Y’ p = c X p - d Y p + f

Dengan menggunakan koordinat dititik kontrol, maka dapat ditulis dalam bentuk

matriks sebagai berikut :

AX = F + P

Untuk menentukan harga X digunakan metode hitung kuadrat terkecil (*Least Square*) sebagai berikut :

$X(A^{T}A)^{-1}A^{T}F$

V = AX – F

Keterangan :

A : Matriks derivatif parsial terhadap parameter

X : Parameter pengukuran

F : Harga pengamatan

V : Harga residu / error pengamatan

Pada trannsformasi ini ada enam parameter, yaitu a, b, c, d, e, f, maka untuk mencari harga keenam parameter diperlukan minimal tiga titik yang diketahui

koordinatnya. Tingkat ketelitian hasil dari proses transformasi dapat diukur dari nilai RMS (*Root Mean Square*).

Konsep Overlay

Pada proses overlay akan melibatkan beberapa proses pada tipe data spasial, baik tipe data yang berbentuk vektor maupun data yang berbentuk data base. (Laurini, R & Thompson, D., 1993). Suatu feature peta baru dapat dibuat dengan meng-overolay-kan feature minimal dua lapisan peta. Dalam proses overlay terdapat tiga cara, yaitu union, intersect, dan identity. Secara prinsip tiga cara tersebut mempunyai perbedaan, yaitu :

1) Union, menggabungkan semua feature dari kedua lapisan peta.
2) Intersect, manggabungkan feature dari kedua lapisan peta yang beroverlap.
3) Identity, menggabungkan feature dari kedua lapisan peta yang dibatasi oleh peta input. Semua feature di luar lapisan peta input dihilangkan.

Cara Kerja SIG

SIG merepresentasikan real world pada monitor sebagaimana lembaran peta disertai map features-nya (sungai,hutan,kebun,jalan,tanah persil,dll). Skala peta menentukan ukuran dan bentuk representasi unsur-unsurnya. Makin meningkat skala peta, makin besar ukuran unsur-unsurnya.

SIG menyimpan semua informasi deskriptif unsur-unsurnya sebagai atribut di dalam basis data. Kemudian SIG membentuk dan menyimpannya dalam tabel relasional Kemudian SIG menghubungkan unsur-unsur tersebut dengan tabel bersangkutan. Sehingga atribut-atribut ini dapat diakses melalui lokasi unsur-unsur peta, dan sebaliknya unsur-unsur peta dapat diakses dari atributnya. SIG menghubungkan sekumpulan unsur-unsur peta dengan atributnya di dalam satuan-satuan *layer*. Sungai-sungai, bangunan-bangunan, jalan, batas administrasi merupakan contoh layer. Perhatikan ilustrasi berikut ; Dengan demikian perancangan basis data merupakan hal yang esensial di dalam SIG.

Rancangan basisdata akan menentukan efektifitas dan efisiensi proses masukan, pengelolaan dan keluaran SIG.

Unsur-Unsur Utama dalam SIG

Unsur-Unsur Utama dalam SIG terdiri atas :

1) AutoCAD

   Peran AutoCAD dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) lebih ditekankan dalam aspek 2 (dua) dimensinya. Aspek dua dimensi yang dimaksud disini adalah dalam hal pembuatan dan pendigitasian peta serta pengaturan dari struktur peta yang dinyatakan dalam layer. Hal-hal yang perlu diketahui dalam lingkungan pengoperasian perangkat lunak AutoCAD untuk pendigitasian peta adalah :

   a) Elemen dalam AutoCAD

      Elemen dalam AutoCAD dibagi menjadi dua macam, yaitu elemen grafis dan elemen non grafis. Elemen grafis merupakan serangkaian perintah-perintah untuk membuat suatu gambar atau bentuk grafis dalam gambaran suatu obyek gambar, seperti line(l), polyline(pl), doublelin multiline (di/ml), retangle (*rectange*), circle (c), dll. Sedangkan elemen non grafis merupakan serangkaian perintah yang berfungsi untuk pengeditan pada gambar atau objek dalam AutoCAD, seperti pemberian angka/huruf (*dtext*), pemotongan garis (trim), penembahan garis (*extend*), penghapusan (*erase*), penggandaan (*array*),dll.

   b) Memulai program AutoCAD

      Untuk memulai program AutoCAD terlebih dahulu harus memasuki lingkungan windows karena pengopersian program ini dibawah sistem operasi windows. Langkah-langkah yang perlu diperhatikan adalah :

      - Pembuatan layer (lapisan gambar), dimaksudkan untuk mempermudah proses penggambaran dan editing gambar.
      - Pengturan jenis garis, warna garis, dan pengaktifan garis yang ditampilkan.

c) Menyeting Lingkungan Digitasi

Maksud dari penyetingan lingkungan digitasi disisni adalah pengaturan fungsi gambar dari masing-masing jenis garis yang ada di dalam gambar peta. Perintah-perintah penyetingan yang dilakukan pada mana layer dan ditujukan untuk membedakan suatu garis dengan garis lainnya.

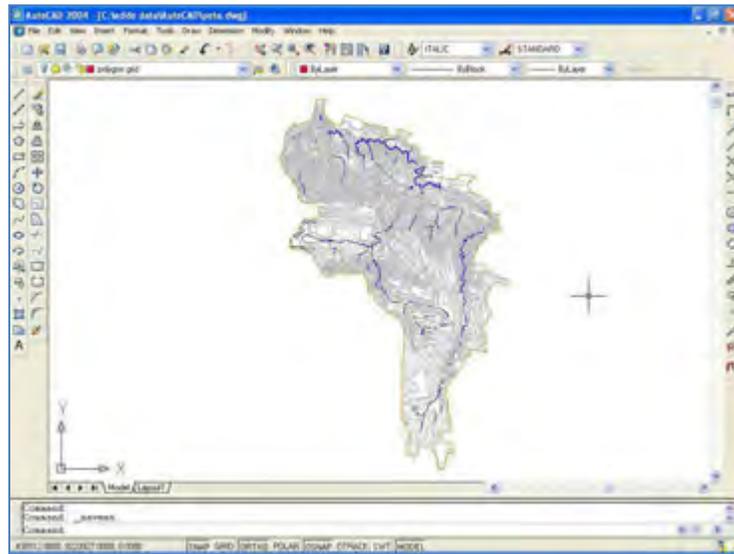
d) Proses Pengeditan Peta

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa proses digitasi merupakan proses pemindahan data manual (Peta Manual) ke dalam bentuk peta digital yang biasa diterjemahkan dalam sistem komputer. Dalam proses digitasi ini peta yang digunakan haruslah benar-benar mempunyai keakuratan yang tinggi (sebaiknya dari Peta Bakosurtanal) baik itu dari segi kala maupun kejelasan informasi dari peta itu sendiri.

Langkah pertama dari peta digitasi adalah memindahkan koordinat peta yang akan didigitasi ke dalam koordinat yang bisa dibaca oleh komputer melalui digitizer. Untuk dapat membaca koordinat peta yang ada agar dapat ditransfer ke dalam sistem komputer , maka yang harus dilakukan adalah dengan mengaktikan digitizer supaya bisa dibaca dalam program AutoCAD. Apabila sistem pengkoordinat telah bisa masuk dan terbaca dalam sistem komputer, maka selanjutnya adalah memulai digitasi dengan memperhatikan pengaturan layer dari masing-masing jenis layer yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk pendigitasian ini perintah yang sering dioperasikan adalah pembuatan garis banyak (polyline).

e) Penyimpanan Hasil Digitasi

Penyimpanan hasil digitasi dapat dilakukan pada saat proses digitasi sedang berlangsung atau pada saat yang diiinginkan. Perintah yang dipakai dalam penyimpanan hasil digitasi ini adalah save atau save as. Bentuk file yang disimpan dari hasil ini adalah dengan nama *.dwg. Selanjutnya, agar hasil digitasi ini dapat dibaca dan diterjemahkan kedalam format Arc Info, maka format file *.dwg ini harus dikonversi

kedalam bentuk dxf file dengan tipe ASCII. Setelah peta terdigitasi semua, selanjutnya membuat batas DAS (gambar dibawah.) sesuai yang diinginkan. Pembuatan grid dilakukan Auto CAD ini berguna sebagai metode dalam memprediksi erosi lahan yang dilakukan.

Gambar 8. Proses pembuatan DAS di Auto CAD

2) Arc Info

   Arc Info merupakan salah satu perangkat lunak GIS yang telah banyak digunakan oleh para ahli di bidang GIS. Pada prinsipnya Arc Info ini sangat mendukung dalam pembuatan dan pembangunan data base sebuah peta yang berdasarkan pada prinsip-prinsip informasi pemetaan yang terpadu.

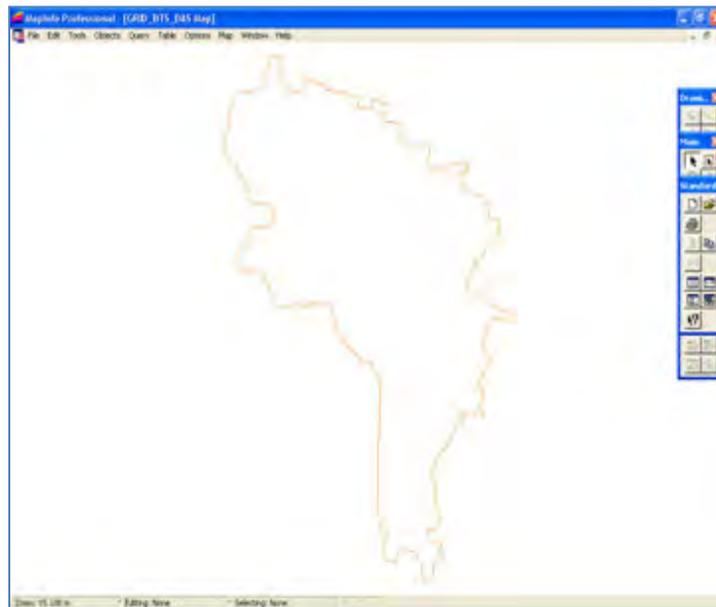
   a) Pengenalan Lingkungan Arc Info

      Untuk memasuki lingkungan Arc Info, kita harus mengetahui letak folder programnya, maka langsung bisa diklik ArcW. Setelah langkah-langkah tersebut , Anda telah berada dalam lingkungan program Arc Info. Dalam lingkungan ini semua perintah masih menggunakan keyboard sebagai input device. Untuk memahami perintah-perintah tersebut tidak perlu dihafalkan, cukup dengan mengetikkan perintah Commands untuk melihat rangkaian perintah yang digunakan.

b) Pengisian Atribut (Arc Plot)

Tabel yang telah dibuat di dalam Arc Edit dapat diisi dengan atribut-atribut. Pengisian data pada tabel ini dilakukan dalam lingkungan Arc Plot pada Arc Info. Arc Plot sendiri sebenarnya merupakan atu lingkungan pada Arc Info yang berfungsi untuk mengatur tampilan agar dapat dicetak (plot) ke dalam kertas. Namun demikian Arc Pot ini dapat digunakan untuk mengisikan data ke dalam tabel peta. Penggunaan Arc Plot ini untuk mengisi data didasarkan pada segi kepraktisan antara data dan lokasi data tersebut.

c) Region Peta

Grid peta yang sudah dibuat di Auto CAD, sebelum diteruskan ke ArcView di region dulu di Arc Info sehingga dapat memudahkan pengisian data di ArcView nantinya

Gambar 9. Proses region peta di Arc Info

3) Arc View

Arc View merupakan salah satu perangkat lunak GIS yang berfungsi untuk mencetak peta. Arc View memiliki beberapa bagian yang saling berhubungan. Bagian-bagian Arc View yang dimaksud adalah jendela (window) yang terdiri dari :

a) *Project Window* (Jendela Utama)

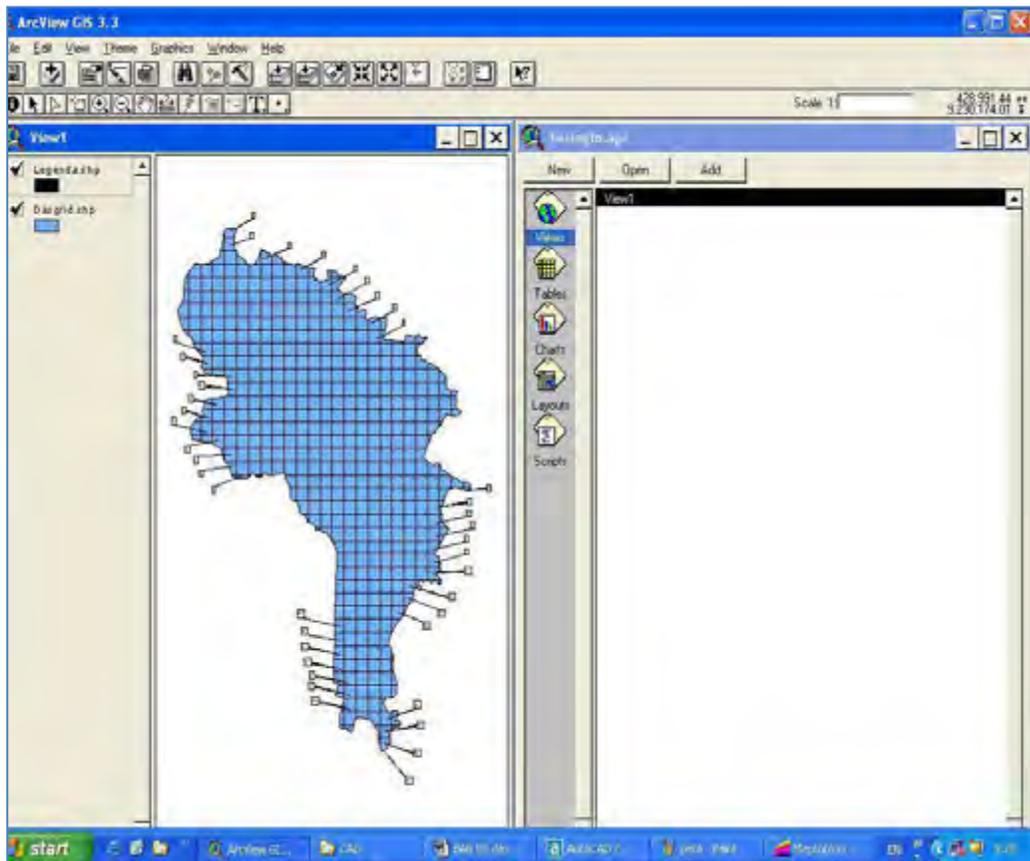
b) *View Window* (Tampilan Peta)

c) *Table Window* (Tabel Peta)

d) *Chart Window* (Grafik dari suatu Tabel)

e) *Layout Window* (Setting Peta untuk Dicetak)

f) *Script Window* (Perintah Tambahan)

Selain itu juga ada beberapa bagian lain yakni menu utama (main menu), menu button (buttons), dan menu tool (tools). Masing-masing bagian (window) memiliki menu-menu yang berlainan saat bagian tersebut diaktifkan.

Gambar 10. Proses ArcView

Setelah mengeksplorasi pengalaman belajar Anda khususnya tentang **Teknik dan alat ukur pengukuran erosi dan sedimentasi**, berikut ini Anda akan fokus belajar tentang materi **Teknik dan alat ukur pengukuran erosi dan sedimentasi**.

Berkaitan dengan **Teknik dan alat ukur pengukuran erosi dan sedimentasi** pada konservasi tanah dan air coba lakukan mencari tahu dari berbagai sumber misal perpustakaan, browshing internet, atau cara lainnya. Setelah memperoleh data atau informasi, lakukan pengamatan/cermati terhadap hal-hal berikut:

- Bagaimana teknik pengukuran erosi dan sedimentasi?
- Interpretasi hasil pengukuran erosi dan sedimentasi?
- Bagaimana konsep Sistem Informasi Geografi (SIG))?
- Bagaimana cara kerja alat ukur Integrasi USLE dengan Sistem Informasi Geografi (SIG)?
- Apa unsur-unsur utama dalam SIG?

HASIL KEGIATAN MENGAMATI/MENYIMAK

Nama Peserta Didik :..
Nomor Induk : ....

a. Teknik pengukuran erosi dan sedimentasi adalah

………………………………………………..

....

....

....

....

....

....

b. Konsep Sistem Informasi Geografi (SIG) adalah

………………………………………………..

....

....

....

....

....

....

c. Cara kerja alat ukur Integrasi USLE dengan Sistem Informasi Geografi (SIG)) adalah

....

....

....

....

....

....

....

Dari uraian singkat di atas dan berdasarkan pengamatan di sekitar lingkungan kita dan saat ini dapatkah Anda membuat suatu pertanyaan yang berkaitan dengan **Teknik dan alat pengukuran erosi dan sedimentasi.** Untuk membuat suatu pertanyaan, Anda dapat memulai dengan kata-kata sebagai berikut:

Contoh:

Apa yang dimaksud ....

Mengapa terjadi ....

Bagaimana proses ....

Sebutkan..

Kapan terjadinya..

Jelaskan ....

dan seterusnya..

Buatlah pertanyaan berkaitan tentang benih pada format di bawah ini

NO.	PERTANYAAN YANG ANDA BUAT
1.	
2,	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
Dst..	

Selamat Anda telah berhasil membuat suatu pertanyaan!.

Jika anda belum berhasil membuat suatu pertanyaan, coba Anda konsentrasi dengan membayangkan kondisi lingkungan sekitar kita (fakta) dari berbagai jenis yang ada di sekitar Anda seperti **Teknik dan alat pengukuran erosi dan sedimentasi**. Kemudian, amati, berpikir berdasarkan apa yang Anda lihat dan gunakan perasaaan Anda dikaitkan tentang: **Teknik dan alat pengukuran erosi dan sedimentasi**.

Setelah Anda melakukan proses berpikir dan berkonsentrasi dengan mencermati peristiwa diatas, kemudian Anda membuat pertanyaan yang diawali dengan kata kata seperti contoh di atas. Jika Anda masih belum berhasil membuat suatu pertanyaan, coba berdiskusilah dengan teman Anda!

Dari hasil pengalaman membaca dan mengamati informasi tentang Teknik dan alat pengukuran erosi dan sedimentasi, Anda terdorong untuk lebih tahu dan lebih dalam lagi. Untuk itu lakukan pengumpulan informasi dan melakukan penalaran tentang Teknik dan alat pengukuran erosi dan sedimentasi di sekitar lingkungan kita.

Dari hasil pengalaman membaca dan mengamati informasi tentang alat ukur Integrasi USLE dengan Sistem Informasi Geografi (SIG), Anda terdorong untuk lebih tahu dan lebih dalam lagi. Untuk itu lakukan pengumpulan informasi dan melakukan penalaran tentang data hasil alat ukur Integrasi USLE dengan Sistem Informasi Geografi (SIG) pada konservasi tanah dan air di bawah ini.

Tabel 10. Nilai eroditas (K) setiap unit lahan di Sub-Das Teweh Kab. Barito Utara

No	Unit lahan	Penutupan	a	b	c	M	K
1.	HS	Hutan skunder	1.15	3.00	3.00	447.6231	0.073
2.	SB	Semak belukar	0.82	3.00	3.00	2027.4093	0.220
3.	AL	Alang-alang	0.76	5.00	3.00	2299.379	0.314

Sumber: Jurnal hutan tropis Borneo No. 22 (Syarifuddin Kadir, 2008)

Ket :

a = kandungan bahan organik

b = nilai permeabilitas tanah

M = % Debu + Pasir sangat halus x (100% - % liat)

c = Nilai struktur tanah

K = Nilai Erodibilitas

Tabel 11. Jumlah erosi yang terjadi pada sub-DAS Teweh Kab. Barito Utara

No	Unit lahan	Penutupan	R	K	LS	C	P	A
1.	HS	Hutan skunder	2.545	0.073	1.08	0.01	1.00	1.221
2.	SB	Semak belukar	2.545	0.220	0.59	0.25	1.00	50.187
3.	AL	Alang-alang	2.545	0.314	0.47	0.25	1.00	57.279

Sumber: Jurnal hutan tropis Borneo No. 22 (Syarifuddin Kadir, 2008)

Ket :

R = Erosivitas

K = Erodibilitas

C = Penutupan lahan

A = Jumlah erosi (ton/ha/tahun)

LS = Panjang dan Kemiringan lereng

P = Tindakan konservasi tanah dan air

Tabel 12. Nilai KBE dan TBE setiap unit lahan di sub-DAS Teweh Kab. Barito Utara

No	Unit lahan	Penutupan	KDT	A	KBE	TBE *)
1.	HS	Hutan skunder	Sedang	1.221	I	I-R
2.	SB	Semak belukar	Sedang	50.187	II	II-S
3.	AL	Alang-alang	sedang	57.279	II	II-S

Sumber: Jurnal hutan tropis Borneo No. 22 (Syarifuddin Kadir, 2008)

Ket:

TBE*) = Kelas tingkat bahaya erosi

KBE = Kelas bahaya erosi

KDT = kelas kedalam tanah

R = Ringan

S = Sedang

B = Berat

SB = Sangat Berat

HASIL INTERPRETASI DATA

Nama Peserta Didik :..

Nomor Induk : ....

Interpretasi data Nilai eroditas (K) setiap unit lahan di Sub-Das Teweh Kab. Barito Utara adalah

……

……

……

……

……

……

Interpretasi data Jumlah erosi yang terjadi pada sub-DAS Teweh Kab. Barito Utara

……

……

……

……

……

……

Interpretasi data Nilai KBE dan TBE setiap unit lahan di sub-DAS Teweh Kab. Barito Utara

……

……

……

……

……

……

3. Refleksi

Besarnya erosi yang terjadi di DAS yang ada di Indonesia terutama disebabkan oleh telah terjadi perubahan alih fungsi lahan yang cukup meningkat, lahan perkebunan berkurang, kebun campuran dan sawah disisi lain telah terjadi peningkatan untuk tegalan, permukiman industri. Adanya perubahan alih fungsi lahan juga menyebabkan berkurangnya vegetasi penutup lahan yang dapat meningkatkan laju erosi dan sedimentasi. Disisi lain meningkatnya jumlah penduduk di kawasan DAS dapat menyebabkan tingginya tekanan pada lingkungan pada DAS.

Upaya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai harus dilakukan secara optimal melalui pemanfaatan sumberdaya alam secara berkelanjutan. Upaya – upaya yang perlu dilakukan adalah dengan cara konservasi lahan yang sesuai dan memadai, pelaksanaan pengelolaan tanaman, pembuatan zonasi daerah rawan erosi, pengawasan dan penegakan hukum secara tegas dan transparan terhadap setiap kebijakan yang dikeluarkan yang berkaitan dengan pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

Untuk mengurangi laju erosi dan sedimentasi dan pengelolaan lingkungan DAS yang berkelanjutan maka ada beberapa hal yang dapat dilakukan antara lain :

a. Membuat zona proteksi di daerah rawan erosi (kritis) DAS. Pada zona ini tidak diperbolehkan adanya budidaya kecuali pertanian tanaman tahunan.

b. Melaksanakan konservasi secara agronomis yaitu melestarikan tanah dan air dengan menggunakan vegetasi penutup. Hal tersebut untuk mengurangi daya rusak air. Kegiatan konservasi dapat berupa reboisasi atau penghutanan kembali. Konservasi secara agronomis dilakukan pada semua kawasan DAS tetapi diutamakan pada daerah hulu.

c. Melaksanakan konservasi secara mekanis yang bertujuan untuk memperlambat aliran air, menampung air untuk mengurangi daya rusak air dan penyediaan air bagi tanaman, kegiatan ini dapat berupa : 1. Pengolahan

tanah, yaitu upaya untuk menggemburkan tanah; 2. Pengolahan tanah menurut kontur, yaitu pengolahan yang memperhatikan bentuk kontur yang ada; 3. Pembuatan sumur resapan; dan 4. Pembuatan sedimen trap di daerah hulu yang mempunyai erodibilitas tinggi.

Melaksanakan Normalisasi Sungai dan Penataan Lahan Sempadan Sungai. Untuk meningkatkan kapasitas aliran sungai terutama di bagian hilir maka secara berkala harus dilakukan normalisasi aliran sungai,sedangkan penataan lahan pada sempadan sungai bertujuan mengembalikan fungsi bantaran dan daerah sempadan sungai sehingga kelancaran aliran sungai dapat terus terjaga. Kegiatan ini berada pada daerah sepanjang Sungai dari daerah hulu sampai dengan daerah hilir. Melaksanakan Kebijakan Pengelolaan DAS secara terpadu dan berkelanjutan oleh semua pihak yang terkait (Pemerintah, Masyarakat dan Pihak Swasta) dan memberikan sanksi hukum yang tegas dan transparan bagi setiap pelanggaran yang ada.

Sistem Informasi Geografis adalah sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, dan menganalisa dan menyebarkan informasi-informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi. (Damers dalam Prahasta, 2002: 55). Menurut ESRI (1990) dalam Prahasta (2002: 55), Sistem Informasi Geografis didefinisikan sebagai kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, mengupdate, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi.

Secara umum, terdapat dua jenis fungsi analisis di dalam SIG yaitu fungsi analisis spasial dan fungsi analisis atribut, yang termasuk ke dalam fungsi analisis spasial diantaranya adalah overlay dan buffering.

Overlay adalah salah satu dari fungsi analisis spasial yang menghasilkan data spasial baru dari minimal dua data spasial yang menjadi masukannya. Sebagai contoh, bila untuk menghasilkan wilayah-wilayah yang sesuai untuk budidaya

tanaman tertentu (misalnya padi) diperlukan data ketinggian permukaan bumi, kadar air tanah, dan jenis tanah, maka fungsi analisis spasial overlay akan dikenakan terhadap ketiga data spasial (dan atribut) tersebut.

Buffering adalah salah satu dari fungsi analisis spasial yang menghasilkan data spasial baru yang berbentuk poligon atau zone dengan jarak tertentu dari data spasial yang menjadi masukannya. Data spasial titik akan menghasilkan data spasial baru yang berupa lingkaran-lingkaran yang mengelilingi titik-titik pusatnya. Untuk data spasial garis akan menghasilkan poligon yang melingkupi garis-garis. Demikian pula untuk data spasial poligon, akan menghasilkan data spasial baru yang berupa poligon-poligon yang lebih besar dan konsentris.(Prahasta, 2002: 74)

Sistem Informasi Geografis dapat diaplikasikan untuk berbagai bidang kajian keilmuan. Prahasta (2002: 4) menyatakan bahwa : "Banyak sekali aplikasi-aplikasi yang dapat ditangani oleh Sistem Informasi Geografis, salah satunya adalah aplikasi di bidang sumberdaya alam yang meliputi (inventarisasi, manajemen, dan kesesuaian lahan, untuk pertanian, perkebunan, kehutanan, perencanaan tata guna lahan, analisis daerah rawan bencana alam, dan sebagainya)".

Prahasta (2002: 6-8) menyatakan bahwa banyak alasan mengapa dalam berbagai kajian keilmuan sering memanfatkan SIG , diantaranya adalah :

1) SIG dapat menurunkan data-data secara otomatis tanpa keharusan untuk melakukan interpretasi secara manual (terutama interpretasi secara visual dengan menggunakan mata manusia). Dengan demikian, SIG dengan mudah dapat menghasilkan peta-peta tematik yang merupakan peta turunan dari peta-peta yang lain dengan hanya memanipulasi atribut-atributnya.
2) SIG sangat membantu pekerjaan-pekerjaan yang erat kaitannya dengan bidang-bidang spasial dan geo-informasi. Dengan demikian SIG juga dapat digunakan sebagai alat komunikasi dan integrasi antar disiplin ilmu

(terutama disiplin ilmu yang memerlukan informasi-informasi mengenai bumi atau *geosciences*)

4. Tugas

Untuk meningkatkan pemahaman terhadap materi pembelajaran ini peserta didik diminta untuk membentuk kelompok yang beranggotakan 4 orang untuk melakukan kegiatan sebagai berikut:

Menginterpetasi data hasil alat ukur Integrasi USLE dengan Sistem Informasi Geografi (SIG) yang diperoleh dari lembaga pemerintahan (Kementerian kehutanan/perusahan swasta)

a. Cara yang disarankan untuk pendalaman adalah mencari rujukan buku, informasi di internet, koran atau sumber lain/wawancara dengan narasumber yang relevan dengan topik yang sudah dipilih.
b. Menuliskan inti informasi yang relevan/terkait topiknya dalam bahasanya sendiri (dalam kelompok).
c. Menyampaikan hasil tulisan kelompok secara ringkas di depan kelas dengan menyebutkan asal sumber informasi yang dipergunakan.
d. Melakukan tanya jawab dengan kelompok lain.

5. Tes Formatif

a. Bagaimana konsep Sistem Informasi Geografi (SIG))?
b. Bagaimana cara kerja alat ukur Integrasi USLE dengan Sistem Informasi Geografi (SIG)?
c. Apa unsur-unsur utama dalam SIG?

C. Penilaian

Teknik Penilaian : Non Tes

Bentuk Instrumen : Pengamatan (Penilaian Proses)

Instrumen Penilaian

No	Aspek yang dinilai	1	2	3	4	Keterangan
1	**Sikap** a. Terlibat aktif dalam pembelajaran b. Bekerjasama dalam kegiatan kelompok c. Toleran terhadap pendapat yang berbeda					1 = Kurang 2 = Cukup 3 = Baik 4 =Amat baik
2	**Pengetahuan** **a.** Mencari bahan ajar yang sesuai / tepat **b.** Mampu melakukan pengukuran Erosi dan sedimentasi **c.** Mampu memahami dan mengetahui Alat-alat ukur erosi dan sedimentasi					
3	**Keterampilan** Trampil melaksanakan pengukuran erosi dan sedimentasi					
Jumlah						

Score perolehan (SP) = jumlah perolehan nilai / 24 X 100

Jika nilai SP : 0 sd 56 Kurang

57 sd 64 Cukup

65 sd 80 Baik

81 sd 100 Amat Baik

Kegiatan Pembelajaran 2. Melakukan Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif.

A. Deskripsi

Kompetensi ini membahas tentang melakukan teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif. Dengan demikian kompetensi ini akan membahas tentang ;

1. Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis
2. Bangunan konservasi tanah dan air secara vegetatif dibuat berdasarkan standar teknis

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Dengan mempelajari buku teks siswa dan sumber belajar yang lain serta peralatan yang memadai, maka siswa mampu menerapkan teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif sesuai standar.

2. Uraian Materi

Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif

Konservasi tanah secara vegetatif adalah segala bentuk atau kegiatan pemanfaatan tanaman dan atau sisa-sisa tanaman untuk mengurangi erosi. Tajuk pohon atau tanaman lainnya akan menahan/mematahkan pukulan dan kecepatan air hujan yang jatuh. Dengan demikian daya pukul/limpas air hujan dipermukaan tanah menurun. Tajuk pohon-pohonan selain mengurangi daya pukul air hujan juga menyerap sebagian air hujan tersebut melalui daun-daunnya sebagai intersepsi. Sebagian besar pohon memiliki percabangan yang cenderung/condong /mengarah keatas sehingga menangkap sebagian air

hujan untuk dialirkan mengikuti batang berupa stem flow. Air yang mengalir sebagai stem flow ini diteruskan kebawah hingga permukaan tanah. Pohon yang memiliki perakaran menyebar dan banyak dipermukaan tanah seperti pohon beringin maka dapat meresapk air kedalam tanah pada jumlah yang banyak sehingga seringkali dibawah pohon beringin terdapat sumber air.

Pada wilayah hutan yang bagus air hujan banyak yang diresapkan ke dalam tanah dan kecepatannya rendah sehingga tidak akan menimbulkan erosi yang merugikan. Hal ini akan sangat berbeda dengan wilayah yang tidak berhutan sehinga air hujan yang jatuh akan menghantam permukaan tanah secara langsung . Hantaman/pukulan air hujan ini akan menimbulkan percikan sehingga terjadi erosi percikan/spash erosion. Kemudian percikan-percikan air hujan tersebut terus terkumpul dan mengalir menjadi aliran air permukaan atau erosi permukaan/sheet erosion. Bila aliran permukaan ini terkumpul dan membesar akan membentul aliran yang membentuk parit sehingga disebut erosi parit.

Kelebihan konservasi tanah secara vegetatif

- Memelihara kestabilan striktur tanah melalui system perakaran dengan memperbesar granulasi tanah
- Penutupan lahan oleh seresah dan tajuk mengurangi evaporasi
- Disamping itu dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme yang mengakibatkan peningkatan porositas tanah, sehingga memperbesar jumlah infiltrasi dan mencegah terjadinya erosi.
- Memiliki nilai ekonomis sehingga dapat menambah penghasilan petani.
- Kekurangan konservasi tanah secara vegetatif
- Tidak semua tanaman dapat digunakan untuk melaksanakan konservasi tanah secara vegetatif, sehingga secara tidak langsung akan menghambat pertumbuhan tanaman.

Sisa Pertanaman

Salah satu usaha untuk mempertahankan produktivitas lahan terutama lahan kering adalah dengan mempertahankan bahan organik tanah. Sejak menggunakan pupuk kimia, banyak dilupakan penggunaan pupuk organik atau bahkan sebagian besar sisa tanaman diangkut ke luar atau dibakar karena ingin melihat lahannya tetap bersih. Keadaan ini merugikan karena kunci untuk dapat mempertahankan produktivitas lahan adalah mempertahankan kadar bahan organik tanah **disamping mencegah erosi.**

Sumber asli bahan organik adalah jaringan tumbuhan. Daun, ranting, cabang, batang dan akar tumbuhan di alam menyediakan bahan organik setiap tahunnya. Bahan tersebut akan mengalami dekomposisi dan menjadi satu dengan tanah yang disebut humus tanah. Sisa tanaman tersebut selain merupakan sumber utama bahan pangan bagi berbagai jenis jasad renik, juga untuk mempertahankan dan meningkatkan produktivitas tanah.

Bahan organik tanah akan mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah a.l.

- Meningkatkan granulasi tanah sehingga akan memperbaiki struktur tanah
- Meningkatkan kemampuan tanah menahan air
- Mencegah cepatnya pemadatan tanah
- Meningkatkan kapasitas jerapan tanah, karena 30-90% dari tenaga jerapan suatu tanah berasal dari bahan organik tanah, sehingga meningkatkan ketersediaan hara tanah
- Bahan organik juga merupakan sumber hara tanaman.

Beberapa cara untuk mempertahankan bahan organik tanah adalah melalui:

- Pembenaman bahan hijau sisa tanaman
- Penebaran sisa tanaman sebagai mulsa di permukaan tanah.

Penggunaan sisa tanaman sehagai mulsa memberikan beberapa keuntungan:

- Melindungi tanah dari pukulan hujan sehingga tanah tidak Iekas memadat.

- Memperlambat laju aliran permukaan sehingga dapat mengurangi erosi dan
- Bahan mulsa yang melapuk merupakan media yang baik bagi peningkatan aktivitas biologi tanah

Tanaman Penutup Tanah

Tanaman legume penutup tanah sangat baik untuk rehabilitasi lahan kritis karena berfungsi (1) melindungimpermukaan tanah dari pengaruh hujan, sehingga menghurangi erosi, (2) memperbaiki dan mempertahankann sifat fisika dan kimia tanah, (3) mengurangi penguapan dan kehilangan bahan organik, dan (4) mengendalikan gulma.

Tabel 13. Hasil seresah beberapa jenis tanaman penutup tanah selama enam bulan

Jenis tanaman	Bobot seresah (g/m2) pada Kedalaman tanah (cm)	
	40	10
Benguk (*Mucuna sp.*)	59.8	73.8
Centrosema pub.	33.3	97.7
Calopogonium sp.	55.0	68.1
Pueraria triloba	73.2	36.3
Komak (*Dolicus lablab*)	130.7	123.8
Gude (*Cajanus cajan*)	162.3	126.7
Koro pedang (*Canavalia sp.*)	360.0	244.7

Sumber: Sembiring, Farid, Ispandi, dan Kartono, 1989.

Pertanaman Lorong (*alley cropping*)

Pertanaman lorong (*alley cropping*) sangat baik diterapkan **pada lahan kering. Jenis tanaman le**guminosa yang umum digunakan adalah *Flemingia congesta, Glericidea sepium, Teprosia candida , dan Caliandra.*

Sistem pertanaman lorong (alley croping) adalah suatu sistem di mana tanaman pangan ditanam pada lorong (alley) di antara barisan tanaman pagar. Pangkasan dari tanaman pagar digunakan sebagai mulsa yang diharapkan dapat menyumbangkan hara terutama nitrogen kepada tanaman lorong. Tanaman yang digunakan untuk tanaman pagar antara lain adalah lamtoro (Leucaena

leucocephala), gliricidia (Gliricidia sepium), kaliandra (Caliandra calothyrsus) atau flemingia (Flemingia congesta).

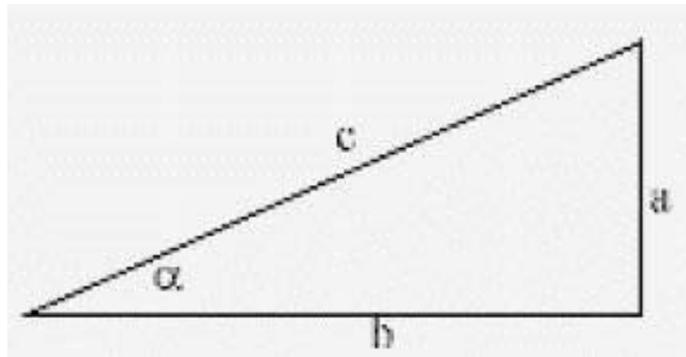
Gambar 11. Tanaman lorong Caliandra calothyrsus

Lamtoro lebih sesuai pada tanah yang tidak masam (pH 5,5-7,5) dan kurang baik tumbuhnya apabila tanah masam (pH 4-5,5). Gliricidia mempunyai daya toleransi yang lebih tinggi terhadap kemasaman tanah, tahan pangkasan dan cepat kembali bertunas sesudah pemangkasan. Kaliandra mempunyai daya adaptasi yang cukup luas tetapi kalah populer dibandingkan dengan gliricidia.

Persyaratan tanaman pagar:

- Tahan pemangkasan dan dapat bertunas kembali secara cepat sesudah pemangkasan.
- Menghasilkan banyak hijauan.
- Diutamakan yang dapat menambat nitrogen (N2) dari udara.
- Tingkat persaingannya dengan tanaman lorong tidak begitu tinggi.
- Tidak bersifat alelopati (mengeluarkan zat beracun) bagi tanaman utama.
- Sebaiknya mempunyai manfaat ganda seperti untuk pakan ternak, kayu bakar dan penghasil buah supaya mudah diadopsi petani.

Teknik penanaman dan pemeliharaan tanaman pagar:

- Lamtoro dan flemingia biasa ditanam dengan menggunakan biji sedangkan gliricidia dengan menggunakan stek.
- Untuk bahan stek, pilih cabang yang sudah berwarna keputihan (tidak lagi hijau) berdiameter 2-4 cm. Panjang stek kurang lebih 30 cm.
- Stek ditanam menurut baris sejajar kontur dengan jarak tanam dalam baris 20-30 cm. Untuk penanaman dengan biji (lamtoro atau flemingia), jarak antar biji sekitar 5-10 cm.

Gambar 12. Hubungan antara sudut α dlm (derajat), jarak vertikal/interval (a) dan jarak lateral antar tanaman pagar

- Jarak antar baris tanaman pagar ditentukan berdasarkan lereng (sudut α) dan jarak vertikal (IV) tanaman pagar (Tabel 9.1 dan Gambar 3). isalnya, untuk lahan yang lerengnya 15%, jarak vertikal yang kita inginkan 75 cm (0,75 m), maka jarak antara baris tanaman pagar (c) adalah 5,1 m atau dibulatkan menjadi 5 m. Untuk lahan yang lerengnya 30% dan jarak interval antar tanaman pagar yang diinginkan 1 m, maka jarak antar baris tanaman adalah 3,5 m. Perlu diingat bahwa apabila jarak antar baris tanaman pagar terlalu dekat, maka kompetisi tanaman pagar terhadap tanaman utama akan lebih kentara dan jika terlalu jarang, keampuhan tanaman pagar menahan erosi akan berkurang.

Pemangkasan dan penggunaan hijauan:

- Tanaman dibiarkan tumbuh sampai tingginya sekitar 1,5 m (berumur sekitar enam bulan) sebelum dipangkas untuk pertama kalinya. Pemangkasan berikutnya bisa dilakukan sekali dalam tiga bulan.
- Pemangkasan dilakukan pada ketinggian 50 cm di atas permukaan tanah.
- Hasil pemangkasan disebar merata pada lorong di antara barisan tanaman semusim.

Tabel 14. Hubungan sudut lereng (α), jarak vertikal (a), jarak horizontal (b) dan jarak lateral antar baris tanaman pagar (c)

Lereng (α°)	Lereng (%)	a	b	c
	tangen(α) x 100	Ditetapkan	a/tangen(α)	a/sinus(α)
8,5	15	0.75	5.0	5.1
8,5	15	1.00	6.7	6.7
11,3	20	0.75	3.8	3.8
11,3	20	1.00	5.0	5.1
14,0	25	0.75	3.0	3.1
14,0	25	1.00	4.0	4.1
16,7	30	0.75	2.5	2.6
16,7	30	1.00	3.3	3.5

Keterangan: a, b, dan c dalam meter (m). Sudut α dalam derajat.

Keuntungan sistem pertanaman lorong:

- Dapat menyumbangkan bahan organik dan hara terutama nitrogen untuk tanaman lorong.
- Mengurangi laju aliran permukaan dan erosi apabila tanaman pagar ditanam secara rapat menurut garis kontur.

Gambar 13. Tanaman glicidia

Masalah sistem pertanaman lorong:

- Tanaman pagar mengambil sekitar 5-15% areal yang biasanya digunakan untuk tanaman pangan/tanaman utama. Untuk itu, perlu diusahakan agar tanaman pagar dapat memberikan hasil langsung. Hal ini dapat ditempuh misalnya dengan menggunakan gliricidia sebagai tanaman pagar dan sekaligus sebagai tongkat panjatan bagi vanili atau lada. Cara lain misalnya dengan menanam kacang gude sebagai tanaman pagar.
- Sering terjadi persaingan antara tanaman pagar dengan tanaman utama untuk mendapatkan hara, air, dan cahaya. Cara mengatasinya adalah dengan memangkas tanaman pagar secara teratur supaya pertumbuhan akarnya juga terbatas.
- Kadang-kadang terjadi pengaruh alelopati dan berkembangnya hama atau penyakit pada tanaman pagar yang dapat mengganggu tanaman pangan.
- Tenaga kerja yang diperlukan untuk penanaman dan pemeliharaan tanaman pagar cukup tinggi.

Pergiliran Tanaman

Dalam **setahun, perlu ada pergiliran antara tanaman yang tidak mampu** menghasilkan banyak bahan hijauan seperti kedelai dan kacang hijau dengan tanaman yang mampu menghasilkan Iebih banyak bahan hijauan seperli jagung dan sorgum. Kenyatan menunjukkan bahwa di daerah yang berpenduduk padat seperti di daerah aliran sungai di Jawa, usaha mengembalikan limbah ke tanah sangat sukar dilakukan. Hal ini disebabkan oleh digunakannya limbah untuk berbagai kepentingan lain seperti untuk ternak, industri, kayu bakar dan sebagainya. Akibatnya kadar bahan organik tanah sukar dipertahankan dan produktivitas sebagian besar lahan kering menjadi sangat rendah.

Dalam usahatani konservasi yang dipadukan dengan ternak, sebagian limbah sering digunakan untuk ternak. Bila seluruh pupuk kandang dapat dikembalikan ke tanah maka kadar bahan organik tanah dapat dipertahankan. Salah satu cara untuk memelihara produktivitas lahan adalah dengan usaha menghasilkan bahan hijauan dalam jumlah besar dan mengembalikannya ke tanah sebagai mulsa (disebar di permukaan) atau dibenamkan ke dalam tanah waktu pengolahan tanah. Pengembalian sisa tanaman dalam bentuk mulsa akan lebih efektif karena dapat menekan erosi dan menghindari pemadatan tanah.

Gambar 14. Tanaman pergiliran

Bila musim kemarau tiba … saat nya petani untuk melakukan pergiliran tanaman . Mulai dengan menanam jagung, menanam kedelai juga kacang panjang…..ada juga yang melakukan pola padi, jagung dan tembakau.

Pergiliran tanaman di fungsikan agar petani tetap produktif bercocok tanam meski pasokan air ber kurang … sehingga dilakukan penanaman selain padi seperti contoh yang telah disebutkan diatas…. Selain itu juga bisa mulai menanam mentimun, melon, kacang tanah, cabe dan bawang serta masih banyak lagi tergantung dengan keadaan daerah masing-masing.

Di luar persoalan antisipasi krisis air, pergiliran tanaman sesungguhnya mempunyai fungsi penting yaitu untuk memutus siklus perkembang biakan hama dan penyakit tanaman selain itu untuk menekan terjadinya erosi dan mencegah terkurasnya unsur hara dari dalam tanah.

Pergiliran tanaman diperlukan juga untuk mempertahankan dan memperbaiki sifat-sifat fisik dan kesuburan tanah. Ini terjadi bila sisa tanaman dijadikan kompos atau mulsa yang dibenamkan dalam tanah. Hal ini akan mempertinggi kemampuan tanah dalam menahan dan menyerap air, mempertinggi stabilitas dan kapasitas daya serap tanah.

Jika tanaman yang dipergilirkan adalah tanaman leguminosa (kacang-kacangan) ini akan menambah kandungan Nitrogen (N) tanah yang sangat bermanfaat untuk pertumbuhan vegetatif tanaman. Juga akan menjaga keseimbangan unsur hara karena adanya serapan unsur dari kedalaman yang berbeda.

Nah …kalau melihat kegunaan ini semua …maka pergiliran tanaman memang sangat disarankan …agar para petani pun tetap produktif dan terus bisa memetik hasil bercocok tanamnya meski musim kering. Jadikan musim kering sebagai peluang bukan ancaman ….

Rehabilitasi Lahan Tidur

Kerusakan lahan atau degradasi lahan banyak terjadi pada lahan kering terutama di bagian yang ditanami tanaman pangan dan perkebunan rakyat. Degradasi lahan terjadi karena lahan sering terbuka oleh pekerjaan pengolahan tanah dan penyiangan bersih sehingga tanah mudah tererosi.

Pengusahaan lahan tandus menjadi lahan pertanian tidak ekonomis karena produktivitasnya yang sudah demikian rendah. Sampai saat ini usaha untuk memulihkan produktivitas lahan yang telah merosot belum banyak dilakukan padahal arealnya terus meningkat. Dengan makin bertambahnya penduduk di daerah DAS perlu dilakukan usaha rehabilitasi lahan yaitu pemulihan produktivitas lahan tandus agar dapat berproduksi kembali.

Lahan kritis terjadi akibat erosi oleh air hujan. Erosi sendiri diakibatkan oleh faktor-faktor iklim, topografi, vegetasi, kondisi tanah dan ulah manusia. Jawa Barat memiliki curah hujan tinggi, lahan berlereng. Ketika kayu-kayu tumbuh diatas lahan ditebangi maka curah hujan yang tinggi memukul langsung permukaan tanah yang gundul. Butiran tanah terlepas dari agregatnya dan dibawa hanyut oleh aliran permukaan (run off) kelereng bawah sampai akhirnya diindapkan di muara-muara sungai. Tanah yang terhanyut mengandung zat-zat hara penting untuk tanaman. Dengan demikian yang tertinggal adalah lapisan bawah tanah (sub soil) atau bahan induk yang tidak subur dan bukan media tumbuh yang baik untuk pertanian. Para ahli mengatakan bahwa untuk pembentukan lapisan olah (top oil) setebal 2,5 cm diperlukan waktu 30 –300 tahun.

Lahan kritis didifinisikan sebagai lahan yang mengalami proses kerusakan fisik, kimia dan biologi karena tidak sesuai penggunaan dan kemampuannya, yang akhirnya membahayakan fungsi hidrologis, orologis, produksi pertanian, pemukiman dan kehidupan sosial ekonomi dan daerah lingkungan pengaruhnya. Dalam kurun waktu 7 tahun sawah telah berkurang 337.058 ha

atau sekitar 9 % dan lahan hutan berkurang 124.738 ha atau tinggal 19 % lagi. Berdasarkan pemantauan dari citra Landsat tegakan kayu di Jawa barat sebenarnya tinggal 9 % lagi. Lahan kritis telah merupakan bencana nasional..

Degradasi tanah yang terus menerus mengakibatkan terjadinya tanah-tanah kritis bahkan teklah berkembang menjadi tanah mati seperti banyak dijumpai di daerah Maja. Kabupaten Majalengka. Tanah-tanah mati sulit untuk dipulihkan lagi karena top soil maupun sub oilnya sudah terkikis, yang muncul dipermukaan tinggal lapisan induk (parent material).

Untuk rehabilitasi lahan kritis pemerintah pusat pada tahun 2003 telah mencanangkan Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GNRHL). Pemerintah Propinsi Jawa Barat juga telah menggulirkan program Gerakan Rehabilitasi Lahan Kritis (GRLK) dimana seluruh stakeholder Jawa Barat harus berpartisipasi aktif untuk menyelamatkan sumber daya alam Jawa Barat yang tidak ternilai harganya..

Rehabilitasi lahan kritis di Jawa Barat akan berdampak positif pada aspek hidrologi, orologi, ekologi, ekonomi dan sosial politik. Rahabilitasi lahan kritis memerlukan perencanaan yang matang dari aspek teknologi spesifik lokasi yang akan digunakan, jenis tanaman pilihan, pola budidaya yang akan digunakan, pola pemberdayaan masyarakat setempat, perangkat hukum yang diperlukan untuk membuat gerakan lebih terarah serta mencegah meluasnya lahan kritis baru. Jawa Barat ingin memulihkan kondisi ekonominya melalui enam core-business dengan agribisnes sebagai lokomotif penarik dari lima core-business lainnya. Agribisness telah dijadikan harapan untuk pemulihan ekonomi Jawa barat.

Pengembangan agribisness sangat bergantung kepada kesuburan sumberdaya hutan, pasokan air yang cukup sepanjang musim, serta pasar domestik yang terbuka untuk produk-produk dalam negeri. Namun pada kenyataannya pasar domestik dipenuhi produksi agribisnis luar, karena mutu lebih baik dan harga

cukup bersaing. Issue lahan kritis dan lahan tidur di Jawa Barat telah muncul kepermukaan menjadi masalah ketika terjadi bencana alam berupa banjir dan kekeringan di tengah-tengah kondisi sosial-ekonomi masyarakat yang sedang terpuruk. Sumberdaya tanah dan air yang menjadi tumpuan harapan untuk pemulihan ekonomi melalui agribisnis ternyata telah terdegradasi. Bersamaan dengan itu pasokan energi listrik yang berasal dari tenaga air untuk menggerakkan industri menjadi terancam ketika pasokan air pada musim kemarau berkurang.

Kajian ini dimaksudkan untuk menganalisa faktor-faktor teknis, sosial-ekonomi, sosial-budaya dankebijakan mana yang mampu menghentikan perluasan lahan kritis secara tidak terkendali. Untuk itu kajian ini diharapkan dapat membantu dalam menemukan metode yang tepat, baik dari aspek teknologi, spesifik lokasi, maupun dari aspek sosial ekonomi, melalui pemberdayaan masyarakat penerima manfaat (beneficiary) yang didasarka pada budaya dan kearifan lokal, dalam rangka pelaksanaan program Rehabilitasi Lahan Kritis di Jawa Barat. Hasil kajian dapat digunakan sebagai bahan rekomendasi untuk Pemerintah Propinsi Jawa Barat dalam rangka menyusun rancangan kebijakan Pemanfaatan lahan kritis dan lahan tidur melalui pemberdayaan masyarakat yang sesuai dengan budaya dan kearifan lokal.

Rehabilitasi Hutan dan Lahan

Menurut Wahono (2002 : 3), lahan kritis adalah lahan yang sudah tidak berfungsi lagi sebagai pengatur media pengatur tata air, unsur produksi pertanian, maupun unsur perlindungan alam dan lingkungannya. Lahan kritis merupakan suatu lahan yang kondisi tanahnya telah mengalami atau dalam proses kerusakan fisik, kimia atau biologi yang akhirnya membahayakan fungsi hidrologi, orologi, produksi pertanian, pemukiman dan kehidupan sosial ekonomi di sekitar daerah pengaruhnya (Ade Iwan Setiawan, 1996 : 19).

Rehabilitasi lahan merupakan suatu usaha memperbaiki, memulihkan kembali dan meningkatkan kondisi lahan yang rusak agar dapat berfungsi secara optimal baik sebagai unsur produksi, media pengatur tata air, maupun sebagai unsur perlindungan alam dan lingkungannya (Wahono, 2002 : 3).

Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, Rehabilitasi Hutan dan Lahan dimaksudkan untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktifitas dan peranannya dalam mendukung sistem keidupan tetap terjaga. Kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan diselengaarakan melalui kegiatan Reboisasi , Penghijauan , Pemeliharaan , Pengayan tanaman, atau Penerapan teknik konservasi tanah secara vegetatif dan sipil teknis pada lahan kritis da tidak produktif. Menurut Supriyanto (1996 : 1) Kegiatan reboisasi dan penghijauan pada umunya dilakukan pada tanah kritis dan areal bekas pembalakan. Kedua kegiatan tersebut memerlukan bibit dalam jumlah besar dan berkualitas baik.

Cara-cara rehabilitasi lahan

Tanaman penutup tanah

Pemilihan tanaMan penutup untuk rehabilitasi lahan didasarkan pada fungsinya, yakni:

- Menghasilkan bahan hijauan berjumlah banyak dan becrkadar N tinggi (2-6%), sehingga dalam waktu pendek dapat terjadi dekomposi dan dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah
- Meningkatkan aktivitas biologi tanah yang langsung memperbaiki struktur dan aerasi tanah
- Melindungi tanah dari daya rusak air hujan yang menimbulkan erosi ; dan

- Dapat mengikat unsur N dari udara sehingga keperluan akan pupuk sintesis seperti urea dapat ditekan.

Beberapa tanaman penutup yang telah diuji dan punya prospek baik adalah *Centrocema pubescen, Pueraria javanica* dan *Pueraria phaseloides.*

Untuk tanah gundul atau hampir gundul tanah hanya perlu diolah dalam jalur selebar 20 cm dengan jarak antar jalur 1 m. Biji Centrocema disebar dalam baris, dennga diberi pupuk TSP sebanyak 50 kg/ha Biji *Centrocema* diperlukan sekitar 15 kg/ha.

Untuk lahan yang ditumbuhi alang-alang dua minggu sebelum dilakukan pengolahan tanah perlu dilakukan penyemprotan dengan herbisida Roundup atau Dewpont. Sesudah tanaman penutup tanah berumur satu tahun biasanya telah terbentuk serasah yang cukup tebal sehingga lahan sudah siap untuk ditanami kembali. Tanaman penutup tersebut kemudian dibabat sampai di permukaan tanah, kemudian ditebar di permukaan lahan sebagai mulsa. Pembakaran terhadap sisa penutup tanah yang telah kering mengakibatkan usaha rehabilitasi yang telah dilakukan menjadi sia-sia.

Sebagaimana diketahui pembakalan mengakibatkan berbagai kerugian unsur hara N cepat menguap pupuk K meskipun cepat tersedia tetapi juga terganggunya aktivitas biologi sehingga pembentukan struktur lambat pula.

Tanaman mucuna (L*eguminosa pansan*)

Mucuna sp atau tanaman Koro benguk (Jawa) dapat digunakan sebagai tanaman yang dapat menghasilkan biji berprotein tinggi dan dapat memainkan fungsi rehabilitasi lahan secara khusus. Biji *Mucuna* dapat dibuat tempe atau setelah direbus selama 24 jam akan dapat pula dicampur dengan ubi kayu untuk meningkatkan gizi ubi kayu.

Beberapa keuntungan rehabilitasi Iahan tidur dengan tanaman penutup tanah seperti Centrocema dan Mucuna antara lain adalah:

1. Disamping menghasilkan biji, daun tanaman Mucuna menghilangkan racun HCN yang cukup tinggi sehingga tidak disukai ternak. Mengurangi gangguan pencurian oleh pencari rumput dapat diatasi dan penyediaan bahan organik tanah dengan tanaman ini Iebih terjamin
2. M*ucuna* juga sangat cepat pertumbuhannya dan dapat beradaptasi pada berbagai jenis tanah seperti tanah-tanah berkapur (Alfisol) atau pada tanah masam Podsolik.
3. Pertumbuhan Mucuna pada lahan tandus jauh Iebih baik dibandingkan dengan jenis Ieguminosa lain seperti komak *(Dolichus lablab),* dan kacang tunggak.

Penanaman tanaman penutup tanah (cover crop) sebelum maupun setelah bibit kelapa sawit ditanam bertujuan untuk menekan perkembangan gulma, mengurangi biaya penyiangan, mengurangi erosi, menambah bahan organik tanah, menjaga kelembaban tanah, memperbaiki aerasi dan meningkatkan cadangan unsur hara terutama melalui fiksasi Nitrogen bebas dari udara dan mentransformasikannya menjadi bentuk tersedia. Jenis tanaman penutup tanah yang memenuhi tujuan tersebut adalah tanaman jenis kacangan (*Leguminosae)* menjalar. Selain kacangan, dikenal pula jenis rumput lunak menjalar yang dapat menutup tanah namun fungsinya tidak sebaik jenis tanaman kacangan.

Kacangan penutup tanah ditanam pada lahan terbuka di anatara jalur penimbunan kayu. Bahan yang digunakan yaitu beberapa jenis benih kacangan dengan daya tumbuh minimal 90%. Kacangan ditanam 2-3 baris di antara jalur tanam. Setelah 3 bulan, lahan tertutup oleh kacangan dengan tingkat

penutupan 75%. Kacang-kacangan yang digunakan sebagai tanaman penutup tanah hendaknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- sistem perakarannya tidak mengganggu tanaman utama.
- bukan merupakan pesaing berat bagi tanaman utama dalam serapan hara maupun air.
- mudah diperbanyak baik secara vegetatif maupun generatif.
- pertumbuhannya cepat dan berpotensi menekan gulma.
- menghasilkan bahan organik yang tinggi, baik pada saat mendapat sinar matahari penuh maupun di bawah naungan.
- tahan terhadap hama, penyakit dan kekeringan serta bukan merupakan tanaman inang bagi hama dan penyakit tanaman utama.

Pertumbuhan panjang *Mucuna bracteata* mencapai 20cm setiap hari atau 1,4m setiap minggu. Hali ini dapat mengganggu pertumbuhan tanaman sawit pada TBM (Tanaman belum Menghasilkan). Untuk itu perlu adanya rotasi penyiangan secara rutin agar lebih afektif dan efisien. Penyiangan yang dilakukan dengan mambuang semua gulma dari permukaan tanah, sehingga piringan benar-benar bersih. Pengawasan yang teliti menjadi faktor penting untuk keberhasilan penyiangan.

Ada beberapa macam M*ucuna* yang **umurnya bervariasi dari 4, 8, dan 12 bulan, untu**k usaha rehabilitasi lahan tidur sebaiknya digunakan yang berumur 8 - 12 bulan karena dapat menghasilkan bahan hijauan yang Iebih banyak.

Gambar 15. Tanaman penutup tanah mucuna sp

Pelaksanaan rehabiltasi lahan dengan *Mucuna* dapat dilaksakan sbb.

Persiapkan biji benih Mucuna yang daya tumbuhnya baik. Pada tanah yang akan direhabilitasi dilakukan pengolahan tanah pada permulaan musim hujan; bila hujan telah cukup penanaman biji dilakukan dengan cara ditugal. Dapat digunakan jarak tanam 20t x 20 cm setiap lubang tanam ditanam dua benih. Dilakukan pemupukan awal dengan TSP sebanyak 25 ton/ha dan setelah berumur dua hulan biasanya tanaman Mucuna sudah tampak subur. Tanaman tersebut perlu dibiarkan selama 8 bulan sementara biji yang dihasilkan dapat dipanen. Pada umur tanaman 8 bulan Mucuna dibabat, dan bahan hijauan sebagai mulsa atau dibenamkan ke dalam tanah sewaktu pengolahan tanah.

Pengelompokan Tanaman dalam Suatu Bentang alam (*landscape*)

Pengelompokan Tanaman dalam Suatu Bentang alam (*landscape*) mengikuti kebutuhan air yang sama sehingga irigasi dapat dikelompokkan sesuai kebutuhan tanaman. Teknik konservasi lahan kritis seperti ini dilakukan dengan cara mengelompokkan tanaman yang memiliki kebutuhan air yang

sama dalam satu *landscape*. Pengelompokkan tanaman tersebut akan memberikan kemudahan dalam melakukan pengaturan air. Air irigasi yang dialirkan hanya diberikan sesuai kebutuhan tanaman sehingga air dapat dihemat.

Gambar 16. Bentangan alam lanskap

Lanskap memiliki arti yang luas, namun orang-orang awam mengartikan lanskap sebagai taman atau pertamanan. Simonds (1983) menyatakan lanskap merupakan suatu bentang alam dengan karakteristik tertentu yang dapat dinikmati oleh seluruh indera manusia, dengan karakter yang menyatu secara alami dan harmonis untuk memperkuat karakter lanskap tersebut. Dalam hal ini indera manusia memegang peranan penting dalam merasakan suatu lanskap.

Menurut Morrow (1987) lanskap adalah permukaan bumi yang tidak dicakup oleh laut namun lebih sempit dari yang dapat diambil sekejap oleh mata termasuk kota-kota serta pedesaan dan padang gurun, halaman serta taman, tempat parkir serta taman atap bangunan, dan dapat diklasifikasikan sebagai buatan manusia atau alam. Dari beberapa pengertian lanskap tersebut dapat disimpulkan bahwa lanskap merupakan suatu bentang alam atau wilayah

sejauh mata dapat memahami dalam satu tampilan, termasuk semua benda yang ada di dalamnya.

Simonds (1983) membedakan lanskap menjadi dua elemen yaitu lanskap utama dan lanskap penunjang. Lanskap utama merupakan bentuk lanskap alam, fitur, kekuatan yang sulit untuk diubah. Bentuk lanskap utama alam seperti pegunungan, lembah, dataran pantai, danau, laut, dan komponen lain yang didominasi topografi; fitur lanskap seperti hujan, salju, kabut, maupun suhu musiman; serta kekuatan lanskap seperti angin, pasang surut, erosi, radiasi surya, petir, dan gravitasi. Untuk lanskap penunjang merupakan elemen lanskap yang umumnya mudah untuk diubah seperti bukit, hutan, sungai, maupun rawa.

Menurut Mathieson dan Wall (*dalam* Gunn, 1994), wisata merupakan pergerakan sementara orang untuk tujuan di luar tempat kerja normal dan tempat tinggal, kegiatan yang dilakukan selama mereka tinggal di tempat tujuan tersebut, dan fasilitas diciptakan untuk memenuhi kebutuhan mereka. Sedangkan World Tourism Organization (2011), mengartikan wisata sebagai suatu fenomena sosial, budaya dan ekonomi yang memerlukan pergerakan orang ke negara atau tempat di luar lingkungan mereka untuk tujuan pribadi atau bisnis/profesional.

Menurut Burkart dan Medlik (1981), wisata secara konseptual memiliki lima karakter sebagai berikut.

1. Wisata adalah campuran dari phenomena dan hubungan.
2. Phenomena dan Hubungan muncul dari:
    - pergerakan/perjalanan seseorang – *dynamic element* (*the journey*),
    - tinggal di suatu tempat – *static element* (*the stay*), dan
    - beragam tempat tujuan.
3. Bukan di tempat tinggal dan tempat kerja.
4. Pergerakan bersifat sementara dan dalam jangka waktu pendek.
5. Bukan untuk tujuan mencari pekerjaan.

Daerah tujuan wisata adalah salah satu faktor penyebab kunjungan wisatawan. Oleh karena itu peran daerah tujuan sangat penting dalam industri pariwisata. Kegiatan pariwisata menawarkan produksi jasa yang memberikan kenyamanan kepada konsumen. Kepuasan konsumen ditentukan oleh berbagai faktor seperti tujuan wisata, produk wisata, promosi, peran penduduk lokal, dan sistem organisasi. European Tourism Analysis (*dalam* Holden, 2000) menambahkan bahwa ada karakteristik utama untuk menentukan sebuah daerah tujuan wisata yang berkualitas yang diurutkan berdasarkan peringkat kepentingannya, yaitu:

1. harus memiliki lanskap yang cantik,
2. harus memiliki suasana santai/rileks,
3. kebersihan terjaga,
4. matahari harus bersinar,
5. iklim harus sehat,
6. masakan sehat berperan,
7. memiliki ketenangan dan sedikit kepadatan,
8. sekitarnya harus memiliki ciri khas bagi negara, dan
9. harus menjadi tempat menarik untuk dikunjungi.

Perkembangan daerah tujuan wisata menyebabkan berkembangnya pula industri penunjang kegiatan wisata seperti resort, hotel, *homestay*, restoran, pusat souvenir, dan lain-lain. Permintaan wisata merupakan sejumlah kesempatan yang diinginkan oleh masyarakat yang dapat diharapkan jika fasilitas-fasilitas suatu kawasan wisata yang layak tersedia. Yoeti (2008) berpendapat bahwa terdapat beberapa faktor yang menentukan permintaan terhadap daerah tujuan wisata yang akan dikunjungi, yaitu: (1) harga, berhubungan dengan kualitas wisata dan kemampuan wisatawan; (2) daya tarik wisata, berhubungan dengan fasilitas dan bentuk-bentuk pelayanan lainnya yang tersedia; (3) kemudahan berkunjung, berhubungan dengan

aksesibilitas dan prasarana yang tersedia pada daerah tujuan wisata; (4) informasi, berhubungan dengan layanan yang dapat diketahui wisatawan sebelum berkunjung; (5) citra, berkaitan dengan kesan yang diinginkan oleh wisatawan pada darerah tujuan wisata. Oleh karena itu, industri penunjang kegiatan wisata tersebut tidak dapat dipisahkan dari industri pariwisata.

Penyesuaian Jenis Tanaman Dengan Karakteristik Wilayah

Teknik konservasi ini dilakukan dengan cara mengembangkan kemampuan dalam menentukan berbagai tanaman alternatif yang sesuai dengan tingkat kekeringan yang dapat terjadi dimasing-masing daerah. Sebagai contoh tanaman jagung yang hanya membutuhkan air 0,8 kali padi sawah akan tepat jika ditanam sebagai pengganti padi sawah untuk antisipasi kekeringan. Pada daerah hulu DAS yang merupakan daerah yang berkemiringan tinggi penanaman tanaman kehutanan menjadi komoditas utama.

Teknik konservasi tanah dan air secara kimiawi

Konservasi tanah dan air secara kimiawi dilakukan dengan menggunakan bahan kimia untuk memadatkan sifat fisik atau struktur tanah lebih solid sehingga tidak mudah terkena erosi. Metode ini kurang populair karena mahal dan kemungkinan merugikan dari aspek lingkungan. Oleh karena itu konservasi tanah dan air metode kimia ini tidak dibahas lebih lanjut.

Setelah mengeksplorasi pengalaman belajar Anda khususnya tentang **Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif**, berikut ini Anda akan fokus belajar tentang materi **Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis**.

Berkaitan dengan **Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis** pada konservasi tanah dan air coba lakukan mencari tahu dari berbagai sumber misal perpustakaan, browshing internet, atau cara lainnya. Setelah memperoleh data atau informasi, lakukan pengamatan/cermati terhadap hal-hal berikut: **Bagaimana jenis – jenis konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis?**

HASIL KEGIATAN MENGAMATI/MENYIMAK

Nama Peserta Didik :.......................................

Nomor Induk : ....

a. **Jenis – jenis konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan sisa pertanaman adalah**

………………………………………….. ....

....

....

....

....

....

b. **Jenis – jenis konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan tanaman penutup tanah adalah**

…………………………………………………………..………………………………………………..

....

....

....

....

....

c. **Jenis – jenis konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan pertanaman lorong (*Alley Cropping*) adalah**

……...

....

....

....

....

....

d. **Jenis – jenis konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan pergiliran tanaman adalah**

……………………………………………………………………………………………………...

....

....

....

....

....

e. **Jenis – jenis konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan rehabilitasi lahan tidur adalah**

……………………………………………………………………………………………………...

....

…..

....

....

....

f. **Jenis – jenis konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan rehabilitsi hutan dan lahan adalah**

……………………………………………………………………………………………………...

....

....

....

....

....

Dari uraian singkat di atas dan berdasarkan pengamatan di sekitar lingkungan kita dan saat ini dapatkah Anda membuat suatu pertanyaan yang berkaitan dengan **Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis.** Untuk membuat suatu pertanyaan, Anda dapat memulai dengan kata-kata sebagai berikut:

Contoh:

Apa yang dimaksud ....

Mengapa terjadi ....

Bagaimana proses ....

Sebutkan..

Kapan terjadinya..

Jelaskan ....

dan seterusnya...

Buatlah pertanyaan berkaitan tentang benih pada format di bawah ini

NO.	PERTANYAAN YANG ANDA BUAT
1.	
2,	
3.	
4.	
5.	

6.

7.

8.

9.

Dst..

Selamat Anda telah berhasil membuat suatu pertanyaan!.
Jika anda belum berhasil membuat suatu pertanyaan, coba Anda konsentrasi dengan membayangkan kondisi lingkungan sekitar kita (fakta) dari berbagai jenis yang ada di sekitar Anda seperti **Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis**. Kemudian, amati, berpikir berdasarkan apa yang Anda lihat dan gunakan perasaaan Anda dikaitkan tentang: **Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis**.

Setelah Anda melakukan proses berpikir dan berkonsentrasi dengan mencermati peristiwa diatas, kemudian Anda membuat pertanyaan yang diawali dengan kata kata seperti contoh di atas. Jika Anda masih belum berhasil membuat suatu pertanyaan, coba berdiskusilah dengan teman Anda!

Dari hasil pengalaman membaca dan mengamati informasi tentang **Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis**, Anda terdorong untuk lebih tahu dan lebih dalam lagi. Untuk itu lakukan pengumpulan informasi dan melakukan penalaran tentang **Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis** di sekitar lingkungan kita.

Hasil Pengamatan teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif diidentifikasi berdasarkan kriteria teknis (sisa pertanaman, tanaman penutup tanah, pertanaman lorang, pergiliran tanaman, rehabilitasi lahan tidur, dan rehabilitasi hutan dan lahan

No	Jenis konservasi Berdasarkan kriteria teknis	Lokasi	Hasil pengamatan
1.			
2,			
3,			
4,			
5,			
6,			

3. Refleksi

Metode vegetatif yaitu metode konservasi lahan kritis dengan menanam berbagai jenis tanaman seperti tanaman penutup tanah, tanaman penguat teras, penanaman dalam strip, pergiliran tanaman, serta penggunaan pupuk organik dan mulsa. Pengelolaan tanah secara vegetatif dapat menjamin keberlangsungan keberadaan tanah dan air karena memiliki sifat memelihara kestabilan struktur tanah melalui sistem perakaran dengan memperbesar granulasi tanah, penutupan lahan oleh seresah dan tajuk yang akan mengurangi *evaporasi* dan dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme yang mengakibatkan peningkatan porositas tanah sehingga memperbesar jumlah *infiltrasi* dan mencegah terjadinya erosi.

Jenis-Jenis Konservasi Tanah Secara Vegetatif adalah:

- Penghutanan kembali (*reforestation*),
- Wanatani (*agroforestry*)
- Pertanaman lorong (*alley cropping*),
- Tumpang sari (inter cropping).
- pertanaman menurut strip (*strip cropping*),
- strip rumput (*grass strip*) barisan sisa tanaman,
- tanaman penutup tanah (*cover crop*),
- Mulsa
- Pengelompokan Tanaman dalam Suatu Bentang alam (*landscape*)
- Penyesuaian Jenis Tanaman Dengan Karakteristik Wilayah
- Penentuan pola tanam yang tepat

4. Tugas

Untuk meningkatkan pemahaman terhadap materi pembelajaran ini peserta didik diminta untuk membentuk kelompok yang beranggotakan 4 orang untuk melakukan praktek sebagai berikut:

Kegiatan praktek 1: Melakukan kegiatan penanaman Tumpang sari dan Agroforestry

1. Tujuan pembelajaran:
   Setelah melakukan praktek peserta didik dapat membuat tanaman tumpang sari dan agroforestry
2. Waktu : 8 JPL
3. Bahan dan alat:
   a. Cangkul : 5 cangkul
   b. Parang : 5 buah
   c. Tali rapia : 25 m 2 buah
   d. Peta kerja : 2 jenis (Skla 1: 25.000/50.000 dan 1 : 10.000)
   e. Bibit tanaman kayu-kayuan: 50 batang (Jati, Mahoni, Albesia, Akasia, Kaliandra, Mangga, jambu biji dll)
   f. Benih tanaman semusim: Akasia vilosa, Jagung, Kacang tanah, Kedelai, Kacang panjang, Kacang Hijau dll).
4. Organisasi peserta:
   a. Peserta dibagi dalam kelompok-kelompok yang masing-masing beranggota 3 – 5 orang.
   b. Setiap kelompok menunjuk ketua.
   c. Setiap anggota kelompok harus mengerjakan kegiatan tanaman tumpang sari dan agroforestry masing-masing seluas: 250 m
   d. Hasil kegiatan dicatat secara cermat dan rapi
   e. Setelah selesai praktek, kelompok membuat laporan praktek.
5. Urutan kerja
   a. Mengecek peta/gambar lahan dan patok tanda lapangan
      1) Mencocokan gambarpeta dengan kondisi lapangan (Blok, petak dan anak petak).
      2) Memperbaiki gambar/peta yang tidak sesuai
   b. Membuat tanaman tumpang sari

1) Tentukan titik tertentu pada pinggir lahan untuk awal pembuatan tanaman tumpang sari dan agroforestry.
2) Lakukan pengolahan tanah sesuai jenis tanaman yang akan ditanam, misalnya lubang tanam untuk tanaman pohon dan pengemburan tanah pada tanaman semusim.
3) Persiapkan bibit pohon atau kayu-kayuan dan benih tanaman semusim didekat lahan yang ditanami.
4) Lakukan penanaman sesuai jenisnya dan teknis penanamannya.
5) Setiap kelompok membuat peta/gambar letak dan posisi tanaman yang dibuat.
6) Membuat peta lokasi hasil penanaman pada skala 1 : 100

Siswa setalah melakukan praktek pada lembar kerja diwajibkan membuat kesimpulan dan Menyampaikan hasil tulisan kelompok secara ringkas di depan kelas dengan menyebutkan asal sumber informasi yang dipergunakan serta melakukan tanya jawab dengan kelompok lain.

Kegiatan praktek 2: Melakukan kegiatan penanaman lorong dan Pertanaman menurut jalur

1. Tujuan pembelajaran:
   Setelah melakukan praktek peserta didik dapat membuat Penanaman lorong /Alley cropping dan Pertanaman mengikuti jalur/strip cropping.
2. Waktu : 7 jpl
3. Bahan dan alat:
   a. Cangkul : 5 cangkul
   b. Parang : 5 buah
   c. Tali rapia : 25 m 2 buah
   d. Peta kerja : 2 jenis (Skla 1: 25.000/50.000 dan 1 : 10.000)
   e. Bibit tanaman kayu-kayuan: 50 batang (Jati, Mahoni, Albesia, Akasia, Kaliandra dll)
   f. Benih tanaman semusim: Akasia vilosa, Jagung, Kacang tanah, Kedelai, Kacang panjang, Kacang Hijau dll).
4. Organisasi peserta:
   a. Peserta dibagi dalam kelompok-kelompok yang masing-masing beranggota 3 – 5 orang.
   b. Setiap kelompok menunjuk ketua.
   c. Setiap anggota kelompok harus mengerjakan kegiatan Pertanaman mengikuti jalur/strip cropping masing-masing seluas: 250 m
   d. Hasil kegiatan dicatat secara cermat dan rapi
   e. Setelah selesai praktek, kelompok membuat laporan praktek.
5. Urutan kerja
   a. Mengecek peta/gambar lahan dan patok tanda lapangan
      1) Mencocokan gambar/peta dengan kondisi lapangan (Blok, petak dan anak petak).
      2) Memperbaiki gambar/peta yang tidak sesuai
   b. Membuat tanaman ;

1) Tentukan titik tertentu pada pinggir lahan untuk awal pembuatan penanaman lorong Pertanaman mengikuti jalur/strip cropping.
2) Lakukan pengolahan tanah sesuai jenis tanaman yang akan ditanam, misalnya lubang tanam untuk tanaman pohon dan pengemburan tanah pada tanaman semusim.
3) Persiapkan bibit pohon atau kayu-kayuan dan benih tanaman semusim didekat lahan yang ditanami.
4) Lakukan penanaman sesuai jenisnya dan teknis penanamannya.
5) Setiap kelompok membuat peta/gambar letak dan posisi tanaman yang dibuat.
6) Membuat peta lokasi hasil penanaman pada skala 1 : 100

Siswa setalah melakukan praktek pada lembar kerja diwajibkan membuat kesimpulan dan Menyampaikan hasil tulisan kelompok secara ringkas didepan kelas dengan menyebutkan asal sumber informasi yang dipergunakan serta melakukan tanya jawab dengan kelompok lain.

5. Tes Formatif

a. Jelaskan tentang teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif?
b. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis teknik koneservasi tanah dan air secara vegetatit?
c. Jelaskan kelebihan cara teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif?

C. Penilaian

Teknik Penilaian : Non Tes

Bentuk Instrumen : Pengamatan (Penilaian Proses)

Instrumen Penilaian

No	Aspek yang dinilai	1	2	3	4	Keterangan
1	**Sikap** a. Terlibat aktif dalam pembelajaran b. Bekerjasama dalam kegiatan kelompok. c. Toleran terhadap pendapat yang berbeda					1 = Kurang 2 = Cukup 3 = Baik 4 = Amat baik
2	**Pengetahuan** a. Mencari bahan ajar yang sesuai / tepat b. Mampu menerapkan konservasi tanah dan air secara vegetatif. c. Jelaskan Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif berdasarkan: Standar teknis, Jenis tanamannya, Pemilihan pola tanaman dan Sistem penanamannya.					

No	Aspek yang dinilai	1	2	3	4	Keterangan
3	**Keterampilan** Trampil melaksanakan konservasi tanah dan air secara vegetatif					
	Jumlah					

Score perolehan (SP) = jumlah perolehan nilai / 28 X 100

Jika nilai SP :	0 sd 56	Kurang
	57 sd 64	Cukup
	65 sd 80	Baik
	81 sd 100	Amat Baik

Kegiatan Pembelajaran 3. Melakukan teknik konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis

A. Deskripsi

Kompetensi ini membahas tentang teknik konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis. Dengan demikian kompetensi ini akan membahas tentang ;

1. Standar teknis teknik konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis.
2. Macam bangunan konservasi tanah dan air

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Dengan mempelajari buku teks siswa dan sumber belajar yang lain serta peralatan yang memadai, maka siswa mampu menerapkan teknik konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis sesuai standar.

2. Uraian Materi

Teknik konservasi tanah dan air pada metode mekanik meliputi :

a. Pengolahan tanah (tillage)
b. Guludan
c. Teras
d. Chek dam,
e. waduk,
f. Rorak
g. Tanggul
h. Perbaikan drainase dan irigasi
i. Sumur resapan dan biopori

Berbagai teknik konservasi tanah dan air pada metode mekanik tersebut diatas berfungsi untuk: memperlambat aliran air permukaan, menampung dan menyalurkan aliran air permukaan agar tidak merusak, memperbaiki dan memperbesar infiltrasi air dan aerasi tanah serta menyediakan air bagi tanaman Dibawah ini akan dijelaskan masing-masing teknik konservasi tanah dan air pada metode mekanik sebagai berikut:

a. Pengolahan tanah (tillage)

Yang dimaksud pengolahan tanah adalah setiap manipulasi/ rekayasa terhadap tanah untuk menciptakan keadaan tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman. Pengolahan tanah selain merupakan konservasi tanah ternyata juga mendorong terjadinya erosi karena tanah yang diolah juga mudah tererosi.

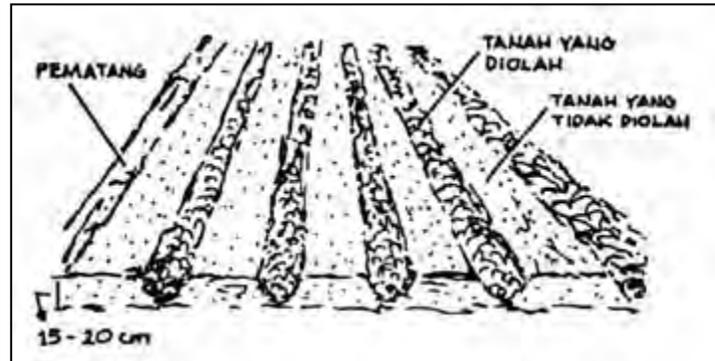
Bila tanah yang diolah terkena air hujan dan tererosi maka permukaannya/pori-pori tanah juga segera tertutup dan akhirnya butiran tanah permukaan juga mudah tererosi. Oleh karena itu cara pengolahan tanah yang dapat menghindari erosi adalah:

- Pengolahan tanah dilakukan seperlunya
- Pengolahan tanah menurut garis kontur dan disertai penanaman.
- Pengolahan tanah disertai dengan pembuatan Biophory

Selanjutnya dibawah iniakan diuraikan masing-masing kegiatan pengolahan tanah sebagai berikut:

- Pengolahan tanah dilakukan seperlunya

  Permukaan tanah yang diolah secara penuh berarti lebih gembur dimana ikatan antar patikel tanah terputus sehingga akan mudah terlarut bila ada aliran air. Namun demikian daya larut aliran air akan rendah bila pengolahannya tidak sampai gembur/penuh, misalnya

sekedar membalikkan tanah atau mencangkul menjadi bongkahan-bongkahan tanpa menggemburkannya.

Gambar 17. Pengolahan tanah pada barisan yang ditanami

- Pengolahan tanah mengikuti garis kontur dan disertai penanaman.

  Pengolahan tanah dengan mencangkul mengikuti arah lereng tentu akan mendorong terjadinya alur-alur air yang menyebabkan erosi. Sangat berbeda kalau pengolahan tanah yang melintang mengikuti kontur karena aliran air permukaan menjadi lambat. Untuk meningkatkan aliran air permukaan maka penanaman tumbuhan (rumput dan atau pohon-pohonan) pada batas garis kontur akan meningkatkan infiltrasi dan memperkuat tanah.

Sumber : http://tafrihan.diengplateau.com

Gambar 18. Pengolahan mengikuti kontur

Kalau kita di Pula. Jawa dan Pulau Bali bayak tanaman padi yang ditanam di daerah pegunungan dengan bentuk teras bangku yang cukup bagus karena dibuat mengikuti kontur. Pengolahan tanah seperti ini cukup baik dalam konteks pencegahan erosi. Tetapi di daerah Puncak Bogor, Dieng dan berbagai daerah lainnya masih terdapat pengolahan tanah yang mengikuti lereng terutama didaerah yang ditanami sayur-sayuran. Cara pengolahan tanah seperti ini sangat merugikan bagi konservasi tanah. Pada saat hujan tiba hujan menghantam permukaan tanah yang gembur maka erosi juga akan terjadi dan aliran air permukaan makin lama makin tinggi. Karena pengolahan tanahnya melintang kontur maka air hujan yang jatuh dapat meluncur sebagai aliran permukaan dengan kecepatan dan jumlah yang makin besar.

- Pengolahan tanah disertai dengan pembuatan Biophory

  Bila pengolahan tanah dikombinasikan dengan lubang biopori maka konservasi tanah akan berjalan dengan baik, Karena air yang semula sulit terinfiltrasi akan lebih mudah meresap kebawah. Biopori merupakan lubang yang dibuat dengan diameter 10 cm dan dalamnya 100 cm yang ditutupi/diisi sampah organik yang berfungsi untuk menjebak/menangkap/menampung air yang mengalir di sekitarnya sehingga dapat menjadi sumber cadangan air bagi air bawah tanah, tumbuhan di sekitarnya serta dapat juga membantu pelapukan sampah organik menjadi kompos yang bisa dipakai untuk pupuk tumbuh-tumbuhan.

  Bila dicermati teknik biopori ini mirip dengan lubang-lubang sampah/jugangan (bahasa Jawa) yang dibuat orang kampong daerah Yogyakarta atau Jawa Tengah. Jugangan ini sering dibuat untuk wadah sampah yang jatuh dari pohon-pohonan dikebun sekitar rumah. Sering

kali masyarakat membuat jugangan pada menjelang musim hujan. Setelah penuh dengan sampah lalu ditutup tanah dan ditanami pohon-pohonan, pisang dan lai-lain pada saat hujan telah tiba.

Tujuan / Fungsi / Manfaat / Peranan Lubang Resapan Biopori / LRB :

- Memaksimalkan air yang meresap ke dalam tanah sehingga menambah air tanah.
- Membuat kompos alami dari sampah organik daripada dibakar.
- Mengurangi genangan air yang menimbulkan penyakit.
- Mengurangi air hujan yang dibuang percuma ke laut.
- Mengurangi resiko banjir di musim hujan.
- Maksimalisasi peran dan aktivitas flora dan fauna tanah.
- Mencegah terjadinya erosi tanah dan bencana tanah longsor.

Tempat yang dapat dibuat / dipasang lubang biopori resapan air :

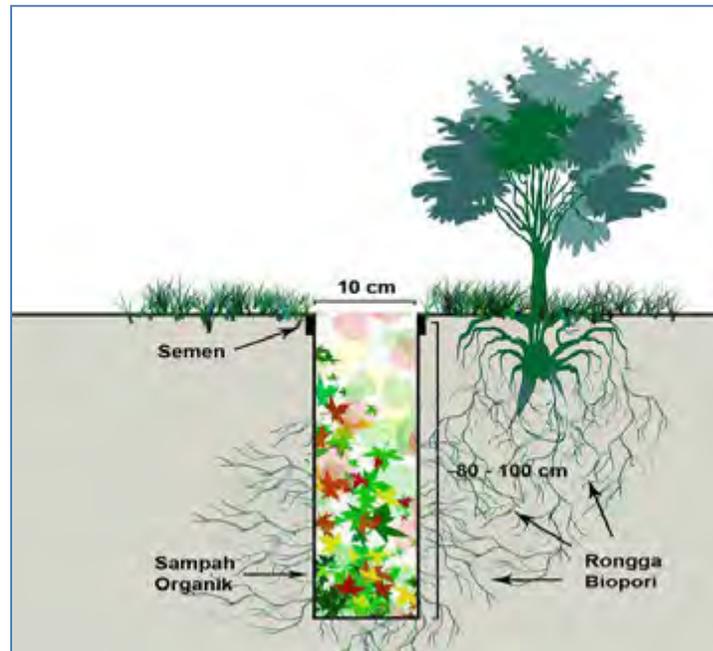
- Pada alas saluran air hujan di sekitar rumah, kantor, sekolah, dsb. Di sekeliling pohon.
- Pada tanah kosong antar tanaman / batas tanaman.

Cara Pembuatan Lubang Biopori Resapan Air :

- Membuat lubang tanah berbentuk silindris dengan diameter 10 cm dan kedalaman 100 cm atau lebih. Jarak atar antar lubang antara 100 – 200 cm.
- Mulut lubang dapat dikuatkan dengan semen setebal 2 cm dan lebar 3 -5 cm agar pinggiran lubang tidak runtuh serta diberikan pengaman berupa kawat anyaman agar air tetap masuk kelubang tetapi tidak memadat dan menghindari anak kecil atau orang yang terperosok.
- Lubang diisi dengan sampah organik seperti daun, sampah dapur, ranting pohon, sampah makanan dapur non kimia, dsb. Sampah

dalam lubang akan menyusut sehingga perlu diisi kembali dan di akhir musim kemarau dapat dikuras sebagai pupuk kompos alami.

- Jumlah lubang biopori yang ada sebaiknya dihitung berdasarkan besar kecil hujan, laju resapan air dan wilayah yang tidak meresap air dengan rumus = intensitas hujan (mm/jam) x luas bidang kedap air (meter persegi) / laju resapan air perlubang (liter / jam).

Sumber : http://majalahinovasi.com/ lubang-biopori2.jpg

Gambar 19. Biopori

b. Teknik konservasi tanah dan air secara mekanik dengan Guludan

Guludan adalah tumpukan tanah yang dibuat memanjang menurut arah garis kontur atau memotong arah lereng (Sitanala Arsyad 1989). Guludan biasanya dibuat oleh para petani dengan tinggi tumpukan tanah antara 20 – 50 cm dan lebar dasar antara 30 – 60 cm. Di daerah Warung Buncir atau sekitar Cinagara para petani guludan-guludan ditanami jagung, kacang-kacangan dan ketela pohon. Mereka dapat memanen secara berurutan karena kacang-kacangan bisa dipanen sekitar 70 hari, jagung bisa dipanen

70 hingga 110 hari dan ketela pohon dipanen pada umur 300 hari (10 bln) hingga 360 hari (12 bln). Cara bertani seperti ini dari segi konservasi tanah dan air menguntungkan karena pengolahan tanah secara intensif berkurang intensitasnya.

Gambar 20. Guludan Mangrove

Hutan bakau (mangrove) memiliki banyak manfaat, salah satunya untuk mencegah banjir. Sayangnya, banyak kawasan hutan bakau di Indonesia rusak karena terendam air masin akibat abrasi di pinggir pantai. Kerusakan ini dapat menyebabkan banjir lokal di kawasan pinggiran pantai, seperti yang pernah terjadi di kawasan jalan tol menuju Bandara Internasional Soekarno-Hatta, Jakarta, saat terjadi hujan deras. Pelestarian dan penanaman kembali hutan bakau pada lahan yang tergenang air masin perlu dilakukan untuk mencegah banjir.

Teknik guludan dapat dipilih untuk melakukan hal tersebut, khususnya untuk lahan yang tergenang air cukup dalam dan berarus tenang, maupun yang berarus deras. Caranya dengan membuat petak-petak tanah sebagai media tumbuh tanaman bakau. http://guludanmangrove.innov.ipb.ac.id/.

Dimana teras gulud cocok diterapkan?

- Kemiringan lahan antara 10-40%, sedang pada kemiringan 40-60% bisa dibuat tetapi seringkali kurang efektif.
- Kondisi tanah-tanah agak dangkal (> 20 cm), tetapi mampu meresapkan air dengan cepat.

Bagaimana cara pembuatan dan pemeliharaannya guludan?

- Buat garis kontur sesuai dengan jarak atau besarnya gulud interval tegak (IV = *interval vertical*) yang diinginkan.
- Pembuatan guludan dimulai dari lereng atas dan berlanjut ke bagian bawahnya.
- Teras gulud dengan saluran airnya dibuat membentuk miring atau dengan sudut 0,1- 0,5% dengan garis kontur menuju ke arah saluran pembuangan air.
- Saluran air digali dan tanah hasil galian ditimbun di bagian bawah lereng dijadikan guludan.
- Tanami guludan dengan rumput penguat seperti yang memiliki perakatan tebal misalnya rumput gajah, rumput setaria agar guludan tidak mudah rusak.
- Saluran pembuangan air (SPA) perlu diperkuat rumput-rumputan juga agar kuat /aman.

c. Penetapan teknik konservasi secara mekanik teras

Dengan kondisi lahan/topografi yang miring dan berbukit-bukit, memungkinkan terjadinya erosi/penghanyutan tanah yang berada di atas ke lahan-lahan berada di bawahnya saat musim penghujan tiba. Hal ini telah disadari oleh masyarakat, mereka membuat teras-teras dilahan untuk mencegah hanyutnya tanah oleh air. Pembuatan terasering/talud ini dilakukan secara individu maupun gotong royong. Di empat dusun mitra

Arupa di Desa Girisekar, kesadaran untuk menjaga tanah dari erosi dengan membuat/memperbaiki terasering juga dilakukan oleh masyarakat.

Pengerjaan pembuatan/perbaikan terasering ini diawali dengan pertemuan-pertemuan kelompok terlebih dahulu untuk membahas rencana perbaikan/pembuatan teras dan prioritas lahan yang harus sesegera mungkin untuk dilakukan perbaikan/pembuatan. Setelah disepakati bersama, mereka menentukan jadwal/waktu untuk mengerjakan perbaikan/pembuatan talud. Setelah perbaikan/pembuatan talud selesai dilakukan masyarakat menanami sekitar talud/terasering tersebut dengan tanaman-tanaman yang bisa menghambat aliran tanah akibat erosi.

Contoh tanaman yang ditanam oleh masyarakat disekitar talud adalah rumput gajah/rumput kolonjono selain tanaman keras lain hal ini dilakukan oleh anggota Kelompok Tani Hutan Rakyat (KTHR) Subur Dusun Jeruken dan anggota KTHR Arum Jati Dusun Waru. Penghijauan/reboisasi juga dilaksanakan sebagai upaya untuk merehabilitasi lahan kritis yang berada di wilayah dusun mereka. Hal ini dilakukan oleh Kelompok Tani Sido Ijo yang merupakan rumpun konservasi dari KTHR Sekar Eko Jati Dusun Blimbing, jenis tanaman penghijauan yang ditanam antara lain bibit jati, mahoni, akasia.

KTHR Trubus dusun Pijenan melakukan penanaman bibit Sukun dan bibit pisang dengan tujuan jangka panjang. Selain dari keuntungan konservasi yang dilakukan yaitu menahan erosi tanah, masyarakat juga mendapatkan keuntungan dengan penanaman palawija maupun rumput-rumput gajah yang ditanam di bawah tegakan yang nantinya bisa dipanen dan dinikmati oleh anggota KTHR maupun untuk KTHR sendiri. http://arupa.or.id/terasering-dan-konservasi-lahan.

Gambar 21. Pembuatan terasering

Salah satunya adalah teknologi tradisional terasering dan subak. Cara tanam terasering ini selain membuat hamparan sawah terlihat sangat mempesona di tanah berundak ternyata juga menyimpan sejuta makna. Cara tanam terasering memang dimaksudkan untuk memanfaatkan dan juga untuk mengoptimalkan lahan di perbukitan yang terjal. Selain itu juga bisa menjadi teknik untuk mengendalikan longsor mekanis. Pendekatan secara mekanis sering kali dianggap menjadi pilihan yang tepat ketika tumbuhan dianggap kurang memadai untuk mencegah terjadi pengikisan tanah.

Keindahan persawahan terasering ini juga membuat para pengunjung lokal dan juga para pengunjung mancanegara terpesona. Bahka beberapa lahan persawahan di Bali juga sudah terkenal di dunia termasuk Tegalalang dan Jatiluwih yang juga dilindungi oleh UNESCO sebagai salah satu warisan budaya dunia. Selain cara bercocok tanam yang unik ini, masyarakat Bali juga mengadopsi distribusi pengairan yang disebut Subak.

Sistem pengairan subak ini sudah terkenal sejak ratusan tahun yang lalu yang terbukti mampu meningkatkan produktivitas lahan pertanian di Pulau Bali.
Sistem pengairan subak ini pulalah masyarat Bali mendapatkan jatah air sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Dan ketentuan yang berlaku ini didapatkan dari hasil musyawarah warga desa. Sistem pengairan subak juga dibangunkan pura yang mana pura akan diatur oleh pemuka adat yang juga seorang petani.

Pura untuk subak ini dinamakan Pura Uluncarik atau Pura Bedugul ini diperuntukkan bagi Dewi Kemakmuran dan kesuburan, Dewi Sri. Selain itu subak merupakan penerapan dari konsep Tri Hita Karana. Atau hubungan harmonis antara manusia dan Tuhan, manusia dan alam serta hubungan antara manusia dengan manusia.

Kegiatan sistem pengairan subak ini tidak hanya melulu tentang pengairan saja tetapi juga meluas hingga masalah ritual dan juga untuk peribadatan memohon rezeki yang berlimpah.

Gambar 22. Sistem Subak di Bali

Pemilihan teknik konservasi secara mekanik (macam teras) diterapkan berdasarkan kemiringan lahan , kedalaman tanah, dan kepekaan tanah akan erosi. Pada dasarnya terdapat dua tipe utama teras, yaitu Teras Bangku dan Teras Gulud. Pengaruh beberapa bentuk teras terhadap produksi tanaman dan erosi tanah disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 15. Produksi dan erosi pada beberapa bentuk teras

Teras	Erosi (ton/ha/9 bl)	Produksi (ton/ha)	
		Jagung	Ubikayu
Tanpa teras	9.9	1.84	42.13
Teras Gulud	3.6	2.17	55.56
Teras Kredit	2.9	0.90	38.30
Teras Bangku Miring	2.0	3.04	44.00
Teras Bangku Datar	1.5	2.06	39.26

Sumber: H. Sembiring, M.Thamrin, A. Farid, G.Kartono dan A.Rachman, 1989.

Teras bangku dan gulud

Teras Bangku

Teras bangku atau teras tangga dibuat dengan jalan memotong lereng dan meratakan tanah di bagian bawah sehingga terjadi suatu deretan bentuk tangga.

Teras bangku berfungsi

- Memperlambat aliran permukaan;
- Menampung dan menyalurhn aliran permukam dengan kekuatm yang tidak merusak;
- Mempermudah pengolahan tanah pada tanab bcrlcreng; dan
- Meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah

Teras bangku yang biasa diterapkan adalah:

- Teras bangku datar;
- Teras bangku miring keluar;
- Teras bangku miring ke dalam; dan
- Teras irigasi.

Beberapa hal yang perlu diketahui dalam pembuatan teras bangku adalah bahwa teras ini:

- Sangat cocok pada tahan dongan kemiringan 10-30 %
- Tidak cocok pada tanah yang dangkal jenis tanah Litosol;
- Tidak dianjurkan pada tanah dalam lap; terdapat Iapisan bawah yang men r aluminium (Al) yang merugikan pertumbuhan tanaman aerh zaD Merah Kuning dan Latosol tua);
- Tidak dianjurkan pada tanah yang mudah longsor acnili tanah Grumusol

Dalam pembuatan teras bangku pertama-tama harus ditentukan batas-batas daerah yang akan diteras.

Peralatan dan bahan yang diperlukan antara lain:

1) Peta kontur skala 1:5000 alau 1:10000 untuk memudahkan dalam penentuan lokasi/ tempat yang akan diteras, menemukan arah dan panjang saluran
2) Peta tata guna tanah
3) Peta administrasi
4) Ondol-ondol (A frame — kerangka A) penyipat datar untuk menentukan arah kontur
5) Tali dan meteran untuk menentukan panjang teras, saluran dsb

Vertical interval yaitu beda tinggi antar teras disesuaikan dengan kemiringan. Untuk daerah-daerah dengan kemiringan di bawah 15 % disarankan vertical interval 1 m dan disesuaikan dengan jenis tanaman yang akan diusahakan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi pekerjaan pemindahan tanah dan pemindahan lapisan tanah atas yang subur.

Pemasangan ajir, harus membentuk garis kontur (contour line) dan ajir akan garis tengah tampingan teras. Pengurugan tanah dilaksanakan

sampai membentuk tangga dimulai dari bagian atas ke bagian bawah Iereng. Pada bagian dalam teras dibuat saluran teras, untuk menampung air berlebih dari badan teras (bidang olah). Pembuatan saluran teras ini dibuat agak miring, sekitar 1% ke arah saluran air pembuangan (waterway). Panjang maksimal saluran teras disarankan 50 m.

Badan teras dibuat agak miring ke dalam, dan sepanjang bagian luar atas teras dibuat guludan atau galengan teras dengan Iebar dan tinggi antara 15-20 cm. Untuk menstabilkan teras, guludan ini ditanami tanaman berakar rapat, cepat tumbuh dan dapat dimanfaatkan, misalnya rumput lokal, *Brachiaria ruziziensis* (Br), *Brachiaria brizantha* (Bb) , *Brachiaria decumbens (Bd)* atau Setaria. Tampingan teras dibuat dengan perbandingan 1:2 , sebagai kelengkapan teras yang dibuat, perlu dibuat saluran pembuangan air.

Tabel 16. Besarnya erosi pada tampingan teras bangku bulan ke empat setelah tanam

Jenis tanaman penguat	Bentuk tampingan		Rata-rata
	Tegak	Miring	
	ton/ha		
Tanpa tanaman	1.32	1.68	1.50
Pennisetum purpureum	1.03	1.14	1.09
P. purpureum + B. brizantha	0.88	0.83	0.86
P. purpureum + B. ruziziensis	0.97	0.72	0.85
P. purpureum + B. javanica	1.05	0.72	0.89
P. purpureum + B. pubescens	1.03	1.54	1.29
Rata-rata	1.05	1.12	

Keterangan:

Curah hujan = 132 mm; tampingan tegak 1 ha = 2100 m2; tampingan miring 1 ha = 2250 m2; Sumber: A. Rachman, R.L. Watung dan U. Haryati (1989).

Tabel 17. Jumlah aliran permukaan dari tampingan teras bangku bulan ke empat setelah tanam

Jenis tanaman penguat	Bentuk tampingan		Rata-rata
	Tegak	Miring	
	M3 / ha		
Tanpa tanaman	73.3	58.6	66.0
Pennisetum purpureum	12.3	36.7	24.5
P. purpureum + B. brizantha	33.8	25.9	29.8
P. purpureum + B. ruziziensis	16.5	16.5	16.5
P. purpureum + B. javanica	37.9	29.3	33.6
P. purpureum + B. pubescens	55.7	50.7	53.2
Rata-rata	38.2	36.3	

Keterangan:

Curah hujan = 132 mm; tampingan tegak 1 ha = 2100 m2; tampingan miring 1 ha = 2250 m2; Sumber: A. Rachman, R.L. Watung dan U. Haryati (1989).

Teras Gulud

Teras gulud adalah barisan guludan yang dilengkapi dengan saluran pembuangan air, dibuat memotong Iereng dengan jarak antar gulud tertentu. Teras gulud berfungsi untuk:

- Memperpendek panjang Iereng dengan membuat Iereng-lereng menjadi bagian yang pendek.
- Mengurangi terjadinya erosi permukaan dan erosi alur.
- Mencegah terbentuknya erosi parit (gully er*osion).*
- Menghambat laju aliran permukaan terutama pada daerah dengan curah hujan tinggi.
- Memperbesar infiltrasi tanah sehingga kandungan air tanah meningkat.

Konstruksi teras gulud:

- Sangat cocok pada kemiringan Iereng kurang dari 15 % jika ditanami tanaman pangan;
- Cocok uniuk tanah-tanah yang solumnya dangkal maupun dalam.

Perencanaan: Untuk menentukan jarak antar gulud biasanya digunakan rumus

$$Vt = 0.12 S + 0.3$$

$$Ht = Vt/S \times 100$$

dimana : Vt - Vertical interval

Ht = Horizontal inteval

S = Kemiringan Iereng dalam %

Dengan menggunakan rumus tersebut, pada Tabel 5 disajikan interval vertikal dan interval horisontal untuk berbagai kemiringan lahan.

Tabel 18. Besarnya Interval vertikal (Vt) dan Interval horizontal (Ht) pada berbagai derajat kemiringan lereng.

Derajat kemiringan lereng (%)	vertikal interval (Vt)	Horisontal interval (Ht) (m)
3	0.7	22
4	0.8	20
5	0.9	18
6	1.0	17
7	1.1	16
8	1.3	16
9-10	1.5	15
11-15	1.9	14

1) Pembuatan teras

Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah penentuan jalan usahatani dan saluran pembuangan air pada lokasi yang akan dikembangkan. Dari hasil survei lapangan dapat diketahui derajad

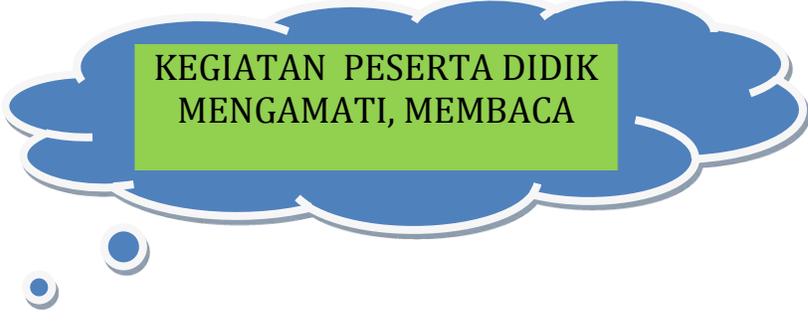
kemiringan lokasi rata-rata sehingga dapal pula ditentukan Vt atau Ht dari teras gulud. Langkah berikutnya adalah menentukan garis kontur.

Tabel 19. Volume tanah dan jumlah tenagakerja yang dibutuhkan pada pembuatan Teras Bangku dan Teras Gulud

% Kemiringan	Volume tanah (m3)		Rasio volume tanah	Jumlah HOK	
	Bangku	Gulud	Bangku/gulud	Bangku	Gulud
10	357	50	7.1	357	36
15	607	73	8.3	607	52
20	601	107	5.6	601	76
25	870	136	6.4	870	96
30	857	181	4.7	857	128
49	1334	220	6.1	1334	156

Keterangan:

Teras bangku didasarkan pada 1 m3 pemindahan tanah (galian-urugan) = 1 HOK; teras gulud didasarkan pada 10 m panjang teras gulud membutuhkan waktu pembuatan 2 jam, 1 HOK = 5 jam kerja/orang. Sumber: A.Rachman, H.Suwardjo dan R.L.Watung, 1989.

Dalam membuat guludan, panjang guludan tidak boleh lebih dari 100 m; bila Iebih panjang guludan harus dipotong oleh saluran pembuangan air. Di sebelah atas guludan dibuat saluran searah dengan guludan agar air dapat mengalir dengan lancar dan lambat. Saluran tersebut digali dan tanahnya dipindahkan ke bagian bawahnya sehingga terbentuk guludan. Setelah selesai dibuat, guludan perlu segera ditanami dengan tanaman penguat. Pembuatan guludan dimulai dari bagian atas Iereng berlanjut ke bagian bawah. Pada waktu dan setelah turun hujan perlu dilakukan pengamatan terhadap teras gulud yang telah dibuat, apakah cukup kuat atau perlu diperbaiki.

Setelah mengeksplorasi pengalaman belajar Anda khususnya tentang siklus air, erosi dan sedimentasi, berikut ini Anda akan fokus belajar tentang materi siklus air, erosi dan sedimentasi.

Berkaitan dengan **teknik pengukuran dan alat ukur erosi dan sedimentasi** pada konservasi tanah dan air coba lakukan mencari tahu dari berbagai sumber misal perpustakaan, browshing internet, atau cara lainnya. Setelah memperoleh data atau informasi, lakukan pengamatan/cermati terhadap hal-hal berikut:

2) Bagaimana **teknik pengukuran dan alat ukur erosi dan sedimentasi**?

Dari uraian singkat di atas dan berdasarkan pengamatan di sekitar lingkungan kita dan saat ini dapatkah Anda **membuat suatu pertanyaan yang berkaitan dengan teknik konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis.** Untuk membuat suatu pertanyaan, Anda dapat memulai dengan kata-kata sebagai berikut:

Contoh:

Apa yang dimaksud ....

Mengapa terjadi ....

Bagaimana proses ....

Sebutkan..

Kapan terjadinya..

Jelaskan ....

dan seterusnya...

Buatlah pertanyaan berkaitan tentang benih pada format di bawah ini

NO.	PERTANYAAN YANG ANDA BUAT
1.	
2,	
3.	
4.	

5.

6.

7.

8.

9.

Dst..

Selamat Anda telah berhasil membuat suatu pertanyaan!.

Jika anda belum berhasil membuat suatu pertanyaan, coba Anda konsentrasi dengan membayangkan kondisi lingkungan sekitar kita (fakta) dari berbagai jenis yang ada di sekitar Anda seperti **teknik pengukuran dan alat ukur erosi dan sedimentasi**. Kemudian, amati, berpikir berdasarkan apa yang Anda lihat dan gunakan perasaaan Anda dikaitkan tentang: **teknik pengukuran dan alat ukur erosi dan sedimentasi**.

Setelah Anda melakukan proses berpikir dan berkonsentrasi dengan mencermati peristiwa diatas, kemudian Anda membuat pertanyaan yang diawali dengan kata kata seperti contoh di atas. Jika Anda masih belum berhasil membuat suatu pertanyaan, coba berdiskusilah dengan teman Anda!

Dari hasil pengalaman membaca dan mengamati informasi tentang siklus air, erosi dan sedimentasi, Anda terdorong untuk lebih tahu dan lebih dalam lagi. Untuk itu lakukan pengumpulan informasi dan melakukan penalaran tentang tujuan kegiatan-kegiatan konservasi tanah dan air di sekitar lingkungan kita.

Hasil Pengamatan teknik pengukuran dan alat ukur erosi dan sedimentasi

No	Teknik pengukuran	Alat ukur	Ket
1.			
2,			
3,			
4,			
5,			
6,			
7,			
8,			
9,			
dst			

d. Check dam

Bendungan Atau Dam, Definisi, Fungsi Dan Jenisnya

Sebuah bendungan berfungsi sebagai penangkap air dan menyimpannya di musim hujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar dan yang melebihi kebutuhan baik untuk keperluan irigasi, air minum, industri atau yang lainnya. Berbeda dengan fungsi sebuah bendung yang tidak dapat menyimpan air melainkan hanya untuk meninggikan muka air sungai dan mengalirkan sebagian aliran air sungai yang ada kearah tepi kanan dan/atau kiri sungai untuk mengalirkannya ke dalam saluran melalui sebuah bangunan pengambilanjaringan irigasi. Dengan memiliki daya tampung tersebut sejumlah besar air sungai yang melebihi kebutuhan dapat disimpan dalam waduk dan barn dilepas mengalir kedalam sungai lagi di hilimya sesuai dengan kebutuhan saja pada waktu yang diperlukan.

Gambar 23. Bendungan atau dam

Sebuah bendungan dapat dibuat dari bahan bangunan urugan tanah lumpur batu berukuran keeil sampai besar atau dari beton. Sebagai

eontoh bendungan Jatiluhur di Jawa-Barat dan bendungan Asahan di Sumatera Utara. Bilamana aliran air sungai yang masuk ke dalam waduk tersebut melebihi air yang dialirkan ke luar waduk sesuai dengan kebutuhan, -makaisi waduk makin lama makin penuh dan dapat melampaui batas daya tampung reneananya, sehingga permukaan air dalam waduk akan naik terus dan akhir melimpas.

Untuk menecegah terjadinya limpasan air pada sebuah bendungan, limpasan air itu dilokalisir pada bangunan pelimpah yang lokasinya dipilih menurut kondisi topografi yang terbaik. Panjang bangunan pelimpah ini dihitung menurut debit reneana sedemikian rupa hingga tinggi muka air waduk tidak akan naik lebih tinggi dari pusat bendungan dan bahkan biasanya direneanakan agar muka air waduk itu lebih rendah dari puncak bendungan minimum 5 meter. Beda tinggi bervariasi dari 5 meter sampai 20 meter. Tinggi bendungan bervariasi dari sekitar 15 meter sampai ratusan meter. Yang disebut dengan tinggi bendungan adalah perbedaan elevasi antara puncak bendungan dengan dasar sungai lama.

Seiring dengan kemajuan teknologi dan metode konstruksi yang bertambah baik dan efisien terbukalah kini kemungkinan untuk merencanakan dan membangun sebuah bendungan yang ketinggiannya mencapai 1000 kaki atau sekitar 330 meter, seperti yang sedang dibangun di sungai Vaksh di Rusia. Bendungan pertama menurut catatan sejarah adalah yang dibangun di sungai Nil Mesir 4000 tahun SM., sedangkan bendungan tertua yang sekarang masih ada dan berfungsi adalah bendungn Almanza di Spanyol yang berusia lebih dari 4 abad.

Konsep dasar perencanaan sebuah bendungan biasanya tidak berdiri sendiri melainkan menjadi satu dengan perencanaan sebuah bendung yang lokasinya berjarak beberapa kilometer sampai puluhan km di

sebelah hilimya. Sebagai contoh adalah Bendungan Kedung Ombo dengan bendung Sedadi di kali Serang di Jawa Tengah dan Bendungan Jatiluhur dengan bendung Curug di sungai Citarum, Jawa Barat.

Pelaksanaan konstruksinya bisa berbarengan, namun umumnya bendung yang dilaksanakan terlebih dahulu dan setelah bendung berfungsi bertahuntahun dan temyata diperlukan tambahan kebutuhan air yang lebih dapat diandalkan, maka barulah bendungn di sebelah hulu dilaksanakan konstruksinya. Sebagai contoh bendungan Kedung Ombo yang berkapasitas 450 juta M3 dan ketinggian kurang lebih 120 meter, dilaksanakan konstruksinya kira-kira 30 tahun setelah bendung Sedadi berfungsi. Dengan kapasitas tampungan yang besar dan elevasi muka air yang tinggi sebuah bendungan selain dapat mengatur besar aliran sungai di sebelah hilimya agar menjadi lebih merata sepanjag tahun, juga dapat berfungsi sekaligus sarana pengendali banjir yang efektif. Selain itu muka air waduk yang cukup tinggi itu dapat menggerakkan turbin PLTA sebelum dimanfaatkan untuk keperluan lain seperti disebutkan diatas. Sebagai keuntungan tambahan, waduk ini digunakan juga untuk perikanan.

Jadi fungsi utama sebuah waduk adalah untuk menstabilkan atau menciptakan pemerataan aliran air sungai baik dengan cara menampung persediaan air sungai yang berubah sepanjang tahun maupun dengan melepas air tampungan itu secara terprogram melalui saluran air yang dibuat khusus di dalam tubuh bendungan sesuai kebutuhan.

Fungsi Bendungan

1) Bendungan untuk persediaan air dan irigasi, menampung air dalam waduk. Air ini kemudian dialirkan ke kota – kota atau pertanian dengan menggunakan pipa atau saluran besar.

2) Bendungan Hydropower, menggunakan air untuk menggerakkan turbin untuk membangkitkan listrik. Setelah melewati turbin air kemudian dilepaskan kembali ke sungai yang terletak di bawah bendungan.
3) Bendungan pengendali banjir, menampung air selama hujan deras untuk mengurangi banjir pada hilir sungai.
4) Bendungan Navigasi, menampung air dan melepaskannya saat air dalam sungai sedang rendah. Bendungan ini biasanya digunakan untuk memindahkan kapal – kapal yang sedang berlayar yang melewati bendungan.
5) Bendungan pembagi aliran air, membagi air ke saluran – saluran lain.
6) Bendungan untuk rekreasi, bendungan dibuat sebagai tempat rekreasi untuk menikmati keindahan alam.

Sebuah bendungan berbeda dari bangunan-bangunan teknik sipil lainnya.

1) Bendungan adalah suatu massa material bangunan dalam jumlah besar di atas sebuah tempat yang luasnya terbatas, sehingga karenanya akan terjadi tekanan beban yang sangat besar terhadap bawah tanah.
2) Dampak destruktif dari air dalam reservoir terhadap pondasi dan tehadap bendungan itu sendiri, sehingga bisa timbul kebocoran, erosi, dan bahkan ambruknya struktur bersangkutan.
3) Sebuah bendungan selalu dibangun di sebuah lembah.

Sebuah bendungan yang dibuat dari beton menurut beberapa persyaratan mengenai massa tanah, karena massa tanah akan memikul hampir semua tegangan – geser yang timbul, dan tidak boleh menunjukkan penurunan

diferensial yang berarti, karena struktur bangunan yang kokoh itu bisa ambruk.

Jenis-Jenis Bendungan

Pembagian type bendungan dapat dibagi menjadi 7 keadaan yaitu :

1) Type bendungan berdasarkan ukurannya, ada 2 type yaitu :
   a) *Bendungan besar (Large Dams).*
      Berdasarkan klasifikasi :
      Ketinggian bendungan.
      Panjang puncak bendungan tidak kurang dari 500 meter.
      Kapasitas waduk yang terbentuk tidak kurang dari 1juta meter kubik
      Debit banjir maksimum yang diperhitungkan tidak tidak kurang dari 2000 *M3/detik*
   b) *Bendungan keeil (Small Dam)*
      Semua bendungan yang tidak termasuk sebagai bendungan besar.

2) Tipe bendungan berdasar tujuan pembangunannya.
   Ada 2 (dua) tipe yaitu :
   a) Bendungan dengan tujuan tunggal (Single purpose dam). Adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja, misalnya untuk PLTA, irigasi, pengendalian banjir dan kebutuhan lain. .
   b) Bendungan serba guna (multi purpose) adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan, misalnya PLTA dan irigasi, Irigasi dan pengendalian banjir dll.
3) Tipe bendungan berdasar penggunaannya.
   Ada 3 (tiga) tipe yaitu :

a) Bendungan untuk membentuk waduk (storage dam) adalah bendungan yang dibangun untuk membentuk waduk guna menyimpan air waktu kelebihan agar dapat dipakai pada waktu diperlukan.
b) Bendungan penangkap/pembelok air (diversion dam) bendungan yang dibangun agar permukaan airnya lebih tinggi sehingga dapat mengalir masuk kedalam saluran air atau terowongan air.
c) Bendungan untuk rnernperlarnbat jalannya air (detention dam) adalah bendungan yang dibangun untuk rnernperlambat jalannya air, sehingga dapat rnencegah banjir besar.

Masih dapat dibagi lagi menjadi 2 (dua) bagian

- Untuk rnenyirnpan air sernentara dan dialirkan kedalam saluran alam dibagian hilir.
- Untuk rnenyirnpanair selama rnungkin agar dapat rneresap didaerah sekitarnya.

4) Tipe bendungan berdasarkan jalannya air.

Ada 2 (dua) tipe yaitu :

a) Bendungan untuk dilewati air(overflow dams) adalah bendungan yang dibangun untuk dilewati air misalnya pada bangunan pelirnpah.
b) Bendungan untuk rnenahan air (non overflow dam) adalah bendungan yang sarna sekali tidak boleh dilewati air.

5) Tipe bendungan berdasarkan konstruksinya.

Ada 3 (tiga) tipe yaitu :

a) Bendungan urugan (fill type dam) adalah benduangan yang dibangun dari hasil penggalian bahan tanpa bahan tambahan lain yang bersifat campuran secara kimia,jadi betul-betul bahan pembentuk bendungan asli.

Keterangan

Apabila 80% dari seluruh bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan

yang bergradasi hampir sarna. Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan tirai kedap air di udiknya.

Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan miring ke hilir. Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan vertikal. Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dati bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan dinding tidak lulus air di lereng udiknya, yang biasanya terbuat dati lembaran baja tahan karat, lembaran beton bertulang, aspal beton, lembaran plastik, dll. nya.

Bendungan urugan (fill type dam) dapat dibagi menjadi :

1) Bendungan homogen

Suatu bendungan urugan digolongkan dalam type homogen, apabila bahan yang membentuk tubuh bendungan tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan gradasinya (susunan ukuran butirannya) hampir seragam. Tubuh bendungan secara keseluruhannyaberfungsi ganda, yaitu sebagai bangunan penyangga dan sekaligus sebagai penahan rembesan air.

2) Bendungan zonal

Bendungan urugan digolongkan dalam tyjpe zonal, apabila timbunan yang membentuk tubuh bendungan terdiri dari batuan dengan gradasi

(susunan ukuran butiran) yang berbeda-beda dalam urutan-urutan pelapisan tertentu.

Pada bendungan type ini sebagai penyangga terutama dibebankan kepada timbunan yang lulus air (zone lulus air), sedang penahan rembesan dibebankan kepada timbunan yang kedap air (zone kedap air).

Berdasarkan letak dan kedudukan dari zone kedap aimya, maka

Type ini masih dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu : · Bendungan urutan zonal dengan tirai kedap air atau "bendungan tirai" (front core fill type dam), ialah bendungan zonal dengan zona kedap air yang membentuk lereng udik bendungan tersebut.

Bendungan urugan zonal dengan inti kedap air miring atau "bendungan inti miring" (inclined- corefill type dam), ialah bendungan zonal yang zone kedap aimya terletak didalam tubuh bendungan dan berkedudukan miring ke arah hilir. Bendungan urugan zonal dengan inti kedap air tegak atau "bendungan inti tegak" (central-core fill type dam), ialah bendungan zonal yang zona kedap airmya terletak didalam tubuh bendungan dengan kedudukan vertikal. Biasanya inti tersebut terletak di bidang tengah dari tubuh bendungan.

3) Bendungan urugan bersekat (bendungan sekat) Bendungan urugan digolongkan dalam type sekat (facing) apabila di lereng udik tubuh bendungan dilapisi dengan sekat tidak sklus air (dengan kekedapan yang tinggi) seperti lembaran baja tahan karat, beton aspal, lembaran beton bertulang, hamparan plastik, susunan beton blok, dan lain-lain.

Bendungan beton (concrete dam) adalah bendungan yang dibuat dengan konstruksi beton dengan tulang maupun tidak.

Ada 4 tipe bendungan beton :

1) Bendungan beton berdasarkan berat sendiri (concrete gravity dam) adalah bendungan beton yang direncanakan untuk menahan beban dan gaya yang bekerja padanya hanya berdasar atas berat sendiri.
2) Bendungan beton dengan penyangga (concrete buttress dam) adalah bendungan beton yang mempunyai penyangga untuk menyalurkan gaya-gaya yang bekeIja padanya. Banyak dipakai apabila sungainya sangat lebar dan geologinya baik.
3) Bendungan beton berbentuk legkung atau busur (concrete arch dam) adalah bendungan beton yang direncanakan untuk menyalurkan gaya yang bekerja padanya melalui pangkal tebing (abutment) kiri dan kana bendungan.
4) Bendungan beton kombinasi (combination concrete dam atau mixed type concrete dam) adalah kombinasi lebih dari satu tipe bendungan. Apabila suatu bendungan beton berdasar berat sendiri berbentuk lengkung disebut concrete arch gravity dam dan kemudian apabila bendungan beton merupakan gabungan beberapa lengkung, maka disebut concrete multiple arch dam.Bendungan gravity beton berdasarkan berat sendiri berongga. Tinggi 196 III dengan panjang puncak : 1.064 m. Volume beton: 5.200.000 m3.

Merupakan kombinasi antara beton berdasar berat sendiri berongga, beton dengan penyangga, urugan batu dan urugan tanah yang panjang totalnya 7.760 m *(Bendungan dengan penyangga).*

Tujuan pembangunan untuk : pengairan dan pembangkit tenaga listrik dengan daya terpasang 105 MW. Tipe : beton dengan penyangga, dengan panjang total 13.000 m. Tinggi : 68 m dengan panjang puncak khusus beton dengan penyangga 1.000 . dan panjang total 13.500. Volume beton : 850.000 m3

Tujuan pembangunan untuk : PLTA dengan daya terpasang 120 MW (3 unit) dan irigasi. Tipe : beton berbentuk lengkung kedua arah. Tinggi : 135 m dengan panjang puncak 174 m. Volume beton: 285.000 m3

Tipe bendungan berdasar fungsinya.

Ada 8 tipe yaitu :

1) Bendungan pengelak pendahuluan (Primary coffer dam) adalah bendungn yang pertama-tama dibangun di sungai pada debit air rendah agar lokasi rencana bendungan pengelak menjadi kering yang memungkinkan pembangunan secara teknis.
2) Bendungan pengelak (coffer dam) adalah bendungan yang dibangun sesudah selesainya bendungan pengelak pendahuluan sehingga lokasi rencana bendungan utama menjadi kering, yang memungkinkan pembanguna secara teknis.
3) Bendungan utama (Main dam) adalah bendungan yang dibangun untuk satu atau lebih tujuan tertentu.
4) Bendungan (high level dam) adalah bendungan yang terletak disisi kiri atau kanan bendungan utama, yang tinggi puncaknya juga sarna
5) Bendungan di tempat rendah (sadlle dam) adalah bendungan yang terletak ditepi waduk yang jauh dari bendungan utama yang dibangun untuk mencegah keluarnya air dari waduk, sehingga air waduk tidak mengalir kedaerah sekitarnya.
6) Tanggul adalah bendungan yang terletak di sisi kiri atau kanan bendungan utama dan ditempat yang dari bendungan utama yang tingginya maksimum 5 meter dengan panjang mercu maksimum 5 kali tingginya.
7) Bendungan limbah industri (Industrial waste dam) adalah bendungan yang terdiri atas timbunan secara bertahap untuk menahan limbah yang berasal dari industri.

8) Bendungan pertambangan (Main Tailing dam) adalah bendungan yang terdiri atas timbunan secara bertahap untuk menahan hasil galian pertambangan dan bahan pembuatannya berasal dari hasil galian pertambangan itu.

Menurut ICOLD (The International Commossion on Large Dams) dibagi menjadi 6 tipe bendungan :

1) urugan tanah
2) urugan batu
3) beton berat sendiri
4) beton penyangga
5) beton lengkung
6) beton lebih dari satu lengkung

Perencanaan Bendungan

Gagasan

Untuk merencanakan dan membangun sebuah bendungan harus dialaskan pada dasar yang kuat dengan meninjau beberapa aspek yang umum : apakah tluktuasi besarnya air sungai sangat menjolok antara di musim hujan dan panas sehingga persediaan airnya tidak dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan konsumen sepanjang tahun. Apakah masalah pemindahan pemukiman penduduk dari lokasi rencana bendungan masih dalam batas wajar sehingga akan dapat diatasi dengan baik secara etis, ekonomis dan politis. Apakah terdapat lokasi yang cocok, sesuai dan kondisi tanah pondasi cukup kuat untuk dapat mendukung beban tubuh bendungan tipe urugan atau beton.

Pengumpulan dan penujian data dasar yang ada.

- Peta topografi
- Peta geologi

- Foto udara
- Peta tata guna tanah
- Peta pemilikan tanah

Catatan kegiatan di lokasi rencana dan sekitarnya.

Pra studi kelayakan meliputi kegiatan :

- Survay geologi teknik
- Survay topografi
- Survay hidroklimatologi

Pra rencana bendungan meliputi :

- Pemilihan lokasi (beberapa alternatif)
- Pemilihan jenis bendungan
- Dimensi
- Perhitungan stabilitas
- Pembuatan spesifikasi teknik
- Jadwal pembuatan design detail
- Jadwal pelaksanaan konstruksi
- Rencana anggaran biaya
- Analisi ekonomi

Studi kelayakan

Dilakukan kegiatan yang sarna dengan butir c di atas namun dengan kedalaman yang dibutuhkan untuk studi kelayakan, dengan catatan lokasi rencana bendungan sudah dipusatkan pada suatu tempat.

Perencanaan Teknis

a. Bendungan urugan

1) Karakteristik bendungan urugan Dibandingkan dengan jenis-jenis lain, maka bendungan urugan mempunyai keistimewaan sbb :

- Pembangunannya dapat dilaksinakan pada harnpir semua kondisi geologi dan geografi yang dijumpai.
- Bahan-bahan untuk tubuh bendungan dapat digunakan batuan yang terdapat di sekitar lokasi calon bendungan.

Kelemahan tipe bendungan ini adalah tidak mampu menahan limpasan diatas mercunya, di mana limpasa yang terjadi dapat menyebabkan longsoran pada lereng hilir yang dapat mengakibatkan jebolnya bendungan.

Karakteristik bendungan urugan adalah :

- Bendungan urugan mempunyai alas yang luas sehingga beban harus didukung oleh pondasi per unit luas menjadi kecil. Beban yang didukung oleh pondasi adalah berat tubuh bendungan dan tekanan hidrostatis dari air di dalam waduk. Oleh sebab itu bendungan urugan dapat dibangun diatas batuan yang lapuk atau diatas alur sungai yang tersusun dari batuan sedimen dengan kemarnpuan daya dukung yang rendah asalkan kekedapannya bisa diperbaiki pada tingkat yang dikehendaki.
- Bendungan urugan selalu dapat dibangun dengan mempergunakan bahan batuan yang terdapat di sekitar lokasi calon bendungan.
- Dalam pembangunannya bendungan urugan dapat dilaksanakan secara mekanis dengan intensitas tinggi.
- Peralatan yang dipilih disesuaikan dengan sifat-sifat bahan yang akan digunakan serta kondisi lapangan pelaksanaan. Karena tubuh bendungan terdiri dari timbunan tanah atau timbunan batu yang berkomposisi lepas, maka jebolnya bendungan umumnya disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut
- Longsoran yang tejadi baik pada lereng hulu maupun lereng hilir tubuh bendungan.

- Terjadinya sufosi (erosi dalam atau piping) oleh gaya - gaya yang timbul dalam aliran filtrasi yang tetjadi di dalam tubuh bendungan.
- Suatu konstruksi yang kaku tidak diinginkan di dalam tubuh bendungan, karena tidak dapat menikuti gerakan konsolidasi dari tubuh bendungan tersebut.
- Proses pelaksanaan pembangunannya biasanya sangat peka terhadap pengaruh iklim, lebih-Iebih pada bendungan urugan tanah dimana kelembaban optimum tertentu perlu dipertahankan terutama pada saat pelaksanaan penimbunan dan pemadatannya.

2) Perancangan bendungan urugan

Pada hakekatnya eksistensi suatu bendungan telah simulai sejak diadakannya kegiatan-kegiatan survey, perancangan, perencanaan teknis, pembangunan, operasi dan pemeliharaan sampai akhir dari umur efektif bendungan tersebut. Semakin mendalam pelaksanaan survay perancangan dikerjakan maka semakin mudah pula pelaksanaan pembangunannya, karena kemunginan terjadinya modifikasi konstruksi semakin keci!. Dari hasi analisa teknis tersebut maka akan dapat ditentukan
dengan mantap hal-hal sebagai berikut :

- Kedudukan bendungan yang paling baik.
- Tipe bendungan yang paling cocok.
- Metode pelaksanaan pembangunan yang paling efektif.

Beberapa aspek yang perlu dipelajari untuk dapat merealisir gagasan suatu bendungan adalah : topografi, geologi teknik, pondasi, hidrologi, bahan bendungan, bangunan pelimpah, bangunan penyadap dan lain-lain.

Topografi

Apabila peninjauan hanya didasarkan pada kondisi topografi maka bendungan beton akan lebih menguntungkan. Jika sekitamya bangunan pada alur sungai yang dalam tetapi sempit. sebaliknya pada alur sungai yang dangkal tetapi lebar, bendungan urugan akan lebih murah. Akan tetapi berhubung banyaknya faktor lain yang perlu diperhitungkan antara lail}kondisi geologi di daerah calon bendungan, tersedianya bahan dengan kualitas yang memenuhi syarat untuk tubuh bendungan, kemampuan teknologi pelaksanaan pembangunannya maka pada kenyataannya kadang-kadang bahkan terjadi hal yang sebaliknya.

Geologi Teknik

Pada hakekatnya penelitian geologi teknik yang perlu dilakukan tidak hanya di daerah di sekitar tempat kedudukan calon bendungan yang akan dibangun, tetapi hams pula diadakan penelitian di daerah calon waduk dan sekitarnya untuk mengidentifisir adanya celah-celah yang mengakibatkan kebocoran atau kemungkinan adanya daerah-daerag yang mudah longsor. Pekerjaan sementasi yang dilaksanakan pada celah-celah patahan tersebut serta pencegahan longsoran-Iongsoran dalam kondisi waduk yang sudah terisi akan membutukan biaya yang lebih besar. Sedangkan apabila dibiarkan begitu saja mungkin akan terjadi kehilangan air yang sangat

berlebihan yang megalir keluar dari celah-celah patahan tersebut. Selain itu adanyan retakan-retakan yang luas penyebarannya dapar mengakibatkan terjadinya longsoran berkapasitas besar yang mungkin dapat meluncur ke dalam waduk. Dengan masuknya suatu masa tebing di sekitar waduk tersebut akan menyebabkan penuhnya waduk terisi sedimen dalam waktu yang amat singkat yang diikuti

dengan keluamya air secara mendadak sehinggan terjadi luapan yang sangat membahayakan didaerah sebelah hilimya.

Pondasi

Bendungan urugan dapat dibangun diatas hampir semua kondisi topgrafi dan geologi yang dijumpai, sedangkan bendungan beton hanya mungkin dibangun diatas batuan yang kukuh. Hanya saja perlu diadakan perbaikan dengan sementasi (grouting). Apabila pondasi terqiri dari tanah yang lulus air atau daya dukungnya rendah. Jika hasilhasil perhitungan dan analisa mendapatkan angka pembiayaan sangat tinggi untuk pekerjaan perbaikan pondasi maka dianjurkan agar rencana tempat kedudukan bendungan maupun dimensi daripada bendungan tersebut perlu ditelaah kembali dan meninjau kemungkinankemungkinan pada altematif lain.

Bahan Bendungan

Didasarkan atas pemikiran bahwa tipe bendungan yang paling ekonomis harus dipilih maka dipandang perlu untuk memperlihatkan hal-hal sebagai berikut :

- Kualitas dan kuantitas bahan yang mungkin terdapat di sekitar tempat kedudukan bendungan.
- Jarak pengangkutan dari daerah penggalian ke tempat penimbunan calon tubuh bendungan.

Mengingat hampir semua qatuan (tanah, pasir, kerikil, dan batu) dapat digunakan untuk konstruksi benungan urugan maka banyak altematif yang harus dipertimbangkan dan diperbandingkan sebelum mendapatkan sebuah altematif konstruksi tubuh bendungan yang paling ekonomis.

Bangunan Pelimpah

Apabila debit banjir suatu bendungan diperkirakan akan berkapasitas besar dibandingkan dengan volume waduk dan jika ditinjau dari kondisi topografinya penempatan suatu bangunan pelimpahan akan megalami kesukaran, maka altematif bendungan urugan meungkin secara teknis tidak akan bisa diprtanggungsawabkan dan bendung beton mungkin akan lebih memadai. Kekurangan yang paling menonjol pada bendungan urugan adalah lemahnya daya tahan bendungan terhadap limpasan (overtoping) dan dalam kondisi hidrologi yang demikian

Bendungan urugan merupakan alternatif yang tidak memungkinkan. Memporsir altematif bendungan urugan harus perlu diimbangi dengan pembuatan bangunan pelimpah yang besar agar kapasitasnya mampu menampung debit yang besar dan pembuatannya akan membutuhkan biaya yang sedemikian besamya, sehingga kalau dibandingkan dengan harga bangunan pelimpahnya telah mendekati harga altematif bendungan beton.

Banguan Penyadap

Pada hakekatnya air yang terdapat didalam waduk akan dipergunakan untuk berbagai macam kebutuhan dengan berbagai macam teknis penyadapannya. Umumnya air yang disadap dari waduk diperlukan untuk keperluan irigasi, pembangkit tenaga listrik, air minum, pengendalian banjir, penggelontoran dan lain-lain. Beberpa tipe bangunan penyadap antara lain penyadap tipe menara, tipe sandar berterowongan miring yang masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugiannya.

Lain-lain

Selain problem/masalah yang bersifat teknis dan ekonomis, pembangunan sebuah waduk akan menyangkut problem-problem sosial seperti pembebasan dan pemindahan penduduk. pemindahan fasilitas-fasilitas umum dari daerah yang akan tergenang. Pengaruh-pengaruh pembangunan sebuah waduk akan memberikan dampak yang sangat luas pada kehidupan masyarakat.

3) Tinggi Bendungan

   Adalah jarak dari pondasi hingga permukaan air waduk pada saat bangunan pelimpah mengalirkan air sebesar kapasitas perencanaannya, ditambah dengan tinggi jagaan tertentu untuk dorongan angin, gelombang, tenaga pembekuan es dan gerak gempa bumi.

4) Lebar Mercusuar

   Lebar mercu bendungan urugan haruslah cukup kuat untuk menjaga agar garis preatik atau permukaan atas rembesan tetap berada di dalam bendungan pada waktunya. Lebar mercu harus cukup untuk menahan hentakan gempa serta kekuatan gelombang, lebar mecu dari bendungan yang rendah dapat pula dipengarnhi oleh kebutuhan sekunder seperti lebar jalan pemeliharaan minimum sebesar 3 meter.

5) Stabilitas Konstruksi

   Meripakan perhitungan konstruksi untuk menentukan ukuran (dimensi) bendungan agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang bekerja padanya dalam keadaan apapun.

Syarat-syarat stabilitas konstruksi :

- Lereng sebelah hulu dan hilir bendungan harus tidak mudah longsor. Lereng sebelah hulu bendungan harus stabil dan aman dalam keadaan apapun baik pada waktu waduk kosong, penuh air maupun permukaan air turun tiba-tiba. Demikian pula untuk lereng sebelah hilir harus stabil dan aman dalam keadaan apapun, baik pada waktu waduk kosong, penuh air maupun permukaan air turun tiba-tiba.
- Aman teradap longsoran.
- Aman terhadap penurunan bendungan .
- Aman terhadap rembesan.

Keadaan berbahaya yang harus ditinjau di dalam perhitungan.

Pada akhir pembangunan dari hasil penyelidikan tanah baik di lapangan maupun di laboratorium dapat diambil kesimpulan bahwa tanah hanya dapat dipakai secara maksimal apabila kadar airnya mencapai optimal ini berarti pada akhir pembangunan masih terdapat kadar air yang besar sehingga tegangan pori juga besar. Keadaan berbahaya yang hams ditinjau adalah kemiringan sebelah hilir.

Pada waktu waduk terisi air penuh dan terdapat rembesan tetap makin tinggi permukaan air yaitu pada saat waduk terisi air penuh mernpakan keadaan yang berbahaya, sehingga ditinjau dalam perhitungan. Keadaan yang berbahaya yang harus ditinjau adalah kemiringan sebelah hilir.

Pada waktu waduk terisi sebagian dan terdapat remebesan tetap. Ini perlu ditinjau karena longsomya bendungan tergantung dari beberapa faktor yang kadang-kadang berbahaya justru bukan pada saat waduk penuh tetapi hanya sebagian saja, keadaan berbahaya yang perlu ditinjau adalah kemiringan sebelah hulu.

Pada waduk terisi penuh dan air penuh tiba-tiba. Pada waktu waduk terisi penuh maka tekanan porinya sangat besar, bagian dalam waduk mendapatkan tekanan keatas sehingga beratnya berkurang, pada waktu permukaan air turun tiba-tiba maka air dari pori-pori akan sangat lambat keluarnya, sehingga masih terisi air dan dalam keadaan jenuh maka beratnya bertambah besar karena tekanan air keatas tidak ada lagi. keadaan bahaya yang harus ditinjau adalah disebelah hulu.

Muatan dan gaya-gaya yang harus diperhitungkan Gaya-gaya yang bekerja pada tubuh bendungan adalah gaya berat (berat dari bendungan) tekanan hidrostatis, gaya angkat, gaya gempa. Gaya-gaya ini dirambatkan ke pondasi dan tumpuan bendungan, yang bereaksi terhadap bendungan dengan gaya sarna besar dan berlawanan yaitu reaksi pondsi. Pengarnh dari tekanan yang disebabkan edapan sedimen di dalam waduk dan gaya-gaya dinamik yang disebabkan oleh air yang mengalir diatas bendungan meungkin perlu dipertimbangkan dalam hal-hal khusus.

b. Bendungan beton

Karakteristik bendungan beton

- Tahan lama dan hampir tidak memerlukan perawatan. Memerlukan kondisi geologi yang baik di lokasi bendungan.
- Pelaksanaan memerlukan ketelitian yang tinggi.

Sifat-sifat beton :

- Mudah dikerjakan
- Beton tahan lama
- Memenuhi kokoh tekan yang diinginkan
- Daya rembesan kecil
- Penyusutsn beton kecil
- Koefisien perubahan temperatur kecil

- Berat jenis beton homogen
- Perubahan volume beton kecil

Bahan bangunan dari beton terdiri dari semen (PC), agregat halus dan kasar serta air harus memenuhi syarat tertentu:

- Bahan tambahan (Admixture) terdiri dari :
- Bahan untuk mempercepat waktu ikat (setting time).
- Bahan untuk memperlambat waktu ikat (retarding admixture).
- Bahan untuk mengurangi jumlah campuran beton (Plasticisier, Normal water reducing admixture, workability aids).

Bahan yang dipakai untuk mengurangi jumlah air yang dipakai untuk campuran beton sekaligus untuk memperlambat waktu ikat (retarding water reducing admixture). Bahan untuk menimbukan buih pada beton (air entraining agent).

Sambungan beton

Sambungan beron diperlukan karena adanya pembatasan volume setiap kali pengecoran beron dan keterbatasan peralatan dan waktu.

Jenis-jens sambungan :

Sambungan yang tekal lurus dengan sumbu bendungan (transverse joint, contraction joint).

- Sambungan kearah memanjang bendungan (longitudina joint).
- Sambungan untuk pelaksanaan (construction joint).
- Sambungan pengunci (key way joint)

Bahan penahan air (waterstop)

Dengan adanya sambungan pada bendungan ada resiko terjadinya rembesan lewat sambungan tersebut. Jadi sambungan tersebut harus diperkuat dengan bahan penahan air.

Lubang (lorong) terdiri dari :

- Lorong sementasi : untuk melakukan sementasi baik selama pembangunan maupun di dalam tahap pengoperasianlperbaikan.
- Lorong Drainage: untuk memasang sumur pelepas tekanan agar dapat mengurangi tekanan air keatas.
- Lorong pemeriksaan : untuk pemeriksaan dan memasang instrumentasi bendungan .
- Gaya yang bekerja pada bendungan

Gaya vertikal : Berat sendiri bendungan termasuk berat pintu air dan instalasi lainnya. Berat air di sebelah hulu bendungan apabila berbentuk miring sebagian atau seluruhnya. Berat lumpur di sebelah hulu bendungan apabila berbentuk miring sebagian atau seluruhnya.

- Gaya tekan keatas (uplift pressure)

Gaya horisontal :

- Gaya hidrostatis yang merupakan air yang menekan bendungan ada atau tanpa angin.
- Gaya hidrodinamik yang merupakan air yang menekan bendungan apabila ada gempa
- Gaya tekan lumpur
- Gaya akibat gempa.

Keadaan muatan (gaya) yang harus diperhitungkan di dalam perencanaan :

- Keadaan pada akhir masa konstruksi.
- Kondis waduk kosong dan terjadi gempa bumi yang akan mendorong bendungan ke hulu.
- Keadaan normal sesudah beroperasi.

Muatan gaya yang diperhitungkan adalah :

- Berat sendiri.
- Berat air di sebelah hulu bendungan
- Gaya tekan keatas.
- Gaya hidrostatiska.
- Keadaan luar biasa sesudah waduk beroperasi

Muatan gaya yang diperhitungakan :

- Berat sendiri.
- Berat air di sebelah hulu.
- Berat lumpur di sebelah hulu.
- Gaya tekan ke atas.
- Gaya hidrostatis.
- Gaya hidrodinamis
- Gaya horisontal akibat tekanan lumpur.
- Gaya horisontal akibat gempa.

Syarat stabilitas yang harus dipenuhi :

- Tidak mengalami penggulingan (overturning).
- Tidak mengalam penggeseran (slidimg).
- Tegangan tanah pada pondasi tidak dilampaui.
- Air rembesan yang timbul masih dapat dikendalikan.

Gambar 24. Bendungan

Gambar 25. Bentuk-bentuk bendungan

Check dam atau bendungan adalah bangunan untuk menahan laju aliran air dan atau menaikan muka air. Biasanya bendungan difungsikan

untuk pengairan pertanian, pembangkit listrik, tempat rekreasi dan perikanan. Bendungan banyak dibangun di P. Jawa karena daerahnya yang pegunungan, sering terjadi banjir, daerah pertanian luas dan lain-lain. Sedang waduk merupakan suatu kolam besar yang dipergunakan untuk menampung air dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Waduk ini ada yang alami atau buatan. Di Jawa Barat waduk-waduk yang ukurannya relatif kecil jumlahnya cukup banyak dan orang Jawa Barat menamakan waduk ukuran relatif kecil tersebut sebagai Situ. Ukuran Situ tersebut ada yang kurang dari 1 ha dan yang besar hingga beberapa puluh ha. Kalau besar sekali berupa danau.

Gambar 26. Dinding bendungan

Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air. Kebanyakan dam juga memiliki bagian yang disebut *pintu air* untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan.

Bendungan(dam) dan bendung(weir) sebenarnya merupakan struktur yang berbeda. Bendung (weir) adalah struktur bendungan berkepala rendah (lowhead dam), yang berfungsi untuk menaikkan muka air, biasanya terdapat di sungai. Air sungai yang permukaannya dinaikkan akan melimpas melalui puncak / mercu bendung (overflow). Dapat digunakan sebagai pengukur kecepatan aliran air di saluran / sungai dan bisa juga sebagai penggerak pengilingan tradisional di negara-negara Eropa. Di negara dengan sungai yang cukup besar dan deras alirannya, serangkaian bendung dapat dioperasikan membentuk suatu sistem transportasi air. Di Indonesia, bendung banyak digunakan untuk irigasi dengan cara menaikkan muka air, bila muka air sungai lebih rendah dari muka tanah yang akan di airi.

Sumber: http://id.wikipedia.org/wiki/Bendungan

Gambar 27. Bendungan pada sungai yang besar

Sumber:http://id.wikipedia.org/wiki/Waduk (Tgl14 Desb 2010)

Gambar 28. Bendungan sebagai pembangkit listrik

Sumber:http://mbiru.com/search/hoover+dam 14/12/2010

Gambar 29. Dam di Hoover –Arizonz

Dam penahan dan dam pengendali

Dam penahan adalah bendungan kecil yang lolos air dengan kontruksi bronjong batu atau crucuk kayu/bamboo yang dibuat pada alur jurang dengan tinggi maksimum 4m.

Manfaat DAM Penahan adalah untuk mengendalikan endapan dan aliran air permukaan dari Daerah Tangkapan Air (Catchment Area) di bagian hulu serta meningkatkan permukaan air tanah di bagian hilirnya.

Sumber : http://i875.photobucket.com

Gambar 30. Dam penahan dari bronjong batu

Aliran air pada awalnya menembus bronjong batu ini tetapi pada akhirnya diharapkan sedimentasi terjadi pada bagian atas bronjong yang akhirnya sedimen menutup bronjong ini. Dam pengendali merupakan bangunan lebih besar dan lebih kuat dari pada dam penahan. Umumnya dam pengendali dibangun dengan tanah dipadatkan atau berupa beton sehingga dapat mengendalikan banjir. Kalau dam penahan dibangun dengan kawat bronjong batu yang tembus air. Dam pengendali ini dapat berupa bendungan yang besar.

Sumber: http://www.simpuldemokrasi.com/ 14 Desb 2010

Gambar 31. Dam pengendali

1. **Pembuatan Rancangan Dam Pengendali (DPi)**

   a. **Persiapan**

      Contoh Penerapan Dam Pengendali Tipe Busur. (Sumber Foto: BTP DAS Surakarta)

      1) Pemilihan calon lokasi

         Pemilihan calon lokasi dilakukan dengan cara inventarisasi terhadap beberapa calon lokasi dam pengendali yang telah ditetapkan dalam Rencana Teknik Tahunan (RTT) yang telah disusun, dengan kriteria sebagai berikut :

         a) Lahan kritis dan potensial kritis
         b) Sedimentasi dan erosi sangat tinggi
         c) Struktur tanah stabil (badan bendung)
         d) Luas DTA 100 -250 ha
         e) Tinggi badan bendung 8 meter
         f) Kemiringan rata-rata daerah tangkapan 15-35 %
         g) Prioritas Pengamanan bangunan vital

2) Orientasi lapangan

Calon lokasi yang terpilih (memenuhi kriteria) kemudian dilakukan orientasi lapangan untuk menentukan letak dan ukuran badan bendung, saluran pelimpah dan daerah tangkapan air (DTA) serta daerah genangan air.

3) Konsultasi

Berdasarkan hasil orientasi lapangan dilakukan konsultasi dengan instansi terkait baik secara formal (Dinas Kimpraswil/PU, Dinas Pertanian dsb.) maupun non formal (kelompok tani, lembaga adat dsb) untuk memperoleh masukan sebelum lokasi dan tipe dam pengendali ditetapkan.

4) Pengadaan bahan dan alat

Pengadaan bahan dan alat diprioritaskan terhadap bahan habis pakai, sedangkan peta dasar dan peralatan lain seperti alat ukur/survey lapangan dapat memanfaatkan yang sudah ada.

5) Administrasi

Persiapan administrasi meliputi :

a) Administrasi kegiatan
b) Surat menyurat (pemberitahuan, surat ijin, kesepakatan masyarakat dsb.)

b. Pengumpulan data dan informasi lapangan.

1) Data primer

Data primer diperoleh dengan cara survey dan pengukuran lapangan, meliputi sebagai berikut :

a) Topografi lokasi bangunan
b) Penutupan lahan dan pola tanam
c) Tanah (jenis, tekstur, permeabilitas)
d) Luas DTA

e) Jumlah, kepadatan dan pendapatan penduduk dan tingkat harga/upah disekitar lokasi

2) Data sekunder, meliputi :

Data sekunder dapat diperoleh dengan cara pengumpulan data yang telah ada/tersedia baik di instansi pemerintah, swasta dsb.

a) Administrasi wilayah

b) Curah hujan (jumlah, intensitas dan hari hujan)

c) Erosi dan sedimentasi

d) Adat istiadat masyarakat disekitar lokasi

c. Pengolahan dan analisa data/informasi

Dari hasil pengumpulan data dan informasi di lapangan dilakukan pengolahan dan analisa, sebagai berikut :

1. Dari data tanah, erosi/sedimentasi, topografi, curah hujan dan luas DTA diolah dan dianalisa menjadi:
   a) Letak bangunan
   b) Spesifikasi teknis bangunan utama dan pelengkap
   c) Debit aliran air/debit banjir rencana
   d) Daya tampung air
   e) Umur teknis bangunan
2. Dari data jumlah penduduk, mata pencaharian, pendapatan serta adat istiadat diolah dan dianalisa menjadi informasi:
   a) Potensi ketersediaan tenaga kerja
   b) Standar satuan biaya/upah yang berlaku.

d. Penyusunan rancangan teknis

Sesuai norma yang berlaku rancangan dam pengendali (DPi) berisi :

1) Tata letak bangunan

a) Administrasi

b) Geografis

2) Kata Pengantar
3) Lembar pengesahan
4) Rísalah/data umum lokasi
5) Spesifikasi teknis
   a) Fisik
   b) Hidrologi
   c) Sosek dan budaya
6) Rencana anggaran biaya (RAB).

   Rencana anggaran biaya disusun secara rinci didasarkan pada volume pekerjaan dan satuan biaya (bahan, upah) yang berlaku.
7) Tata waktu pelaksanaan.

   Rancangan harus memuat tata waktu pelaksanaan baik kegiatan fisik maupun pemeliharaan. Penyusunan rancangan sebaiknya dibuat pada T-1. Namun demikian pada kondisi tertentu penyusunan rancangan dapat dibuat pada T-0 sebelum pelaksanaan pekerjaan.
8) Sosialisasi

   Sebelum dilakukan pembuatan dam pengendali, agar dilakukan sosialisasi terlebih dahulu kepada kelompok tani yang akan melaksanakan kegiatan tersebut. Disamping itu pada saat pengukuran dan penyusunan rancangan dam pengendali, kelompok tani tersebut dilibatkan sehingga ada rasa memiliki dan ini akan meningkatkan kontinuitas atau kelestarian kegiatan tersebut khususnya pasca proyek.
9) Gambar dan peta

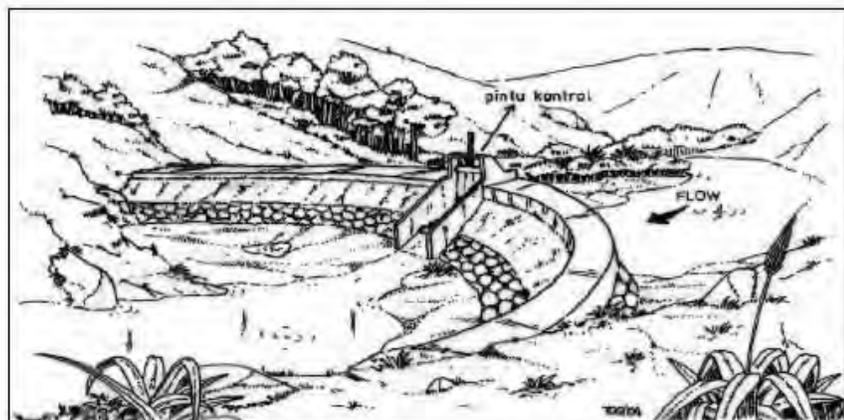
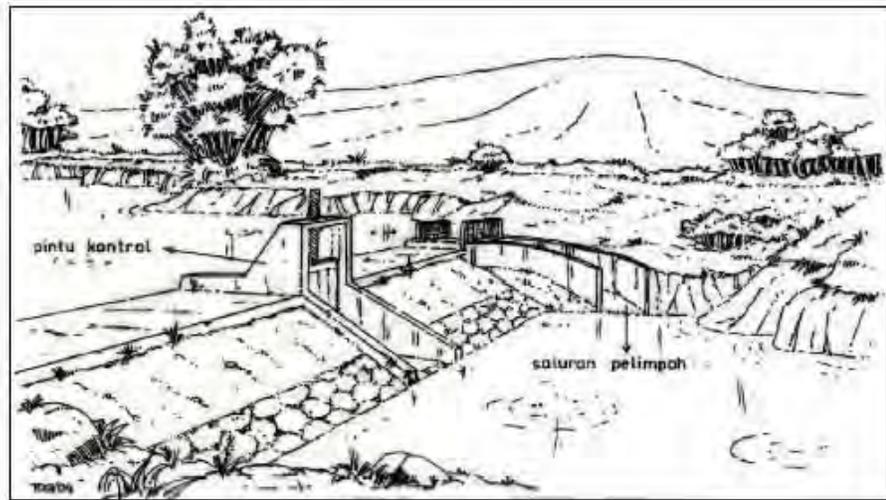
   Rancangan dam pengendali perlu dilampiri gambar dan peta yang meliputi

a) Gambar detail konstruksi dan spesifikasi teknis bangunan utama (badan bendung), saluran pelengkap (saluran pelimpah, saluran pembagi) skala 1 : 50 s/d 1 : 100.
b) Peta situasi/administrasi, skala 1 : 50.000 atau 1 : 100.000.
c) Peta kontur site (lokasi) bangunan utama, pelengkap dan daerah tangkapan air serta daerah genangan air, skala 1 : 1000 s/d 1 : 10.000.

10) Mekanisme Prosedur

Rancangan Dam Pengendali (DPi) disusun oleh Kepala Sub Dinas yang menangani perencanaan pada Dinas Kabupaten/Kota, dan dikonsultasikan dengan Dinas Kimpraswil/PU. Sebagai penilai adalah BPDAS dan disahkan oleh Kepala Dinas Kabupaten/Kota.

e. Hasil Kegiatan

Sebagai hasil kegiatan penyusunan rancangan berupa buku rancangan dam pengendali (DPi) yang dilengkapi dengan lampiran data, gambar dan peta dan telah disahkan oleh instansi terkait yang berwenang. Gambar skematis tentang bangunan pengendali tipe busur dan tipe kedap air dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.

Gambar 32. Dam Pengendali (Tipe busur)

Gambar 33. Dam Pengendali (tipe kedap air)

2. **Pembuatan Dam Pengendali (DPi)**

   a. **Persiapan**

      1) Penyiapan Kelembagaan

         a) Pertemuan dengan masyarakat/kelompok dalam rangka sosialisasi rencana pelaksanaan pembuatan dam pengendali.

         b) Pembentukan organisasi dan penyusunan program kerja.

      2) Pengadaan sarana dan prasarana : Pengadaan peralatan/sapras diutamakan untuk jenis peralatan dan bahan habis pakai. Sedang pembuatan sarana dan prasarana dibuat dengan tujuan untuk memperlancar pelaksanaan pekerjaan di lapangan yang antara lain :

         a) Pembuatan jalan masuk

         b) Pembuatan gubuk kerja/gubuk material

      3) Penataan areal kerja

         a) Pembersihan lapangan

b) Pengukuran kembali
c) Pemasangan patok batas
d) Pembuatan badan bendung dan saluran pelimpah/spill way di tanah milik masyarakat, tidak ada ganti rugi.

b. Pembuatan

1) Pembuatan profil bendungan
2) Pengupasan, penggalian dan pondasi bangunan
3) Pembuatan saluran pengelak
4) Pembuatan/pemadatan tubuh bendung
5) Pembuatan saluran pengambilan/lokal dan pintu air
6) Pembuatan bangunan pelimpah (spill way)
7) Pembuatan bangunan lain untuk sarana pengelolaan: jalan inspeksi
8) Pemasangan gebalan rumput

c. Pemeliharaan

Pemeliharaan bangunan Dam Pengendali (DPi) meliputi :

1) Pemeliharaan badan bendung dan saluran pelimpah serta saluran pembagi
2) Perbaikan gebalan rumput

d. Pelaksanaan Pembuatan Dam Pengendali

Berdasar sistem pembayarannya, pembuatan bangunan Dam Pengendali dapat dilaksanakan melalui dua alternatif, yaitu:

1) Sistem Swakelola, melalui SPKS dengan kelompok tani, dalam rangka pemberdayaan sumberdaya dan meningkatkan partisipasi masyarakat lokal secara langsung serta menumbuhkan rasa memilikinya dan kepedulian memelihara apabila konstruksi telah selesai.
2) Sistem pemborongan oleh Pihak III, melalui lelang dengan mengutamakan potensi lokal yang ada.

e. Organisasi pelaksana

Sebagai pelaksana dalam rancangan pembuatan Dam Pengendali adalah kelompok masyarakat dan/atau pihak ketiga didampingi Petugas Lapangan Gerhan dibawah koordinasi Dinas Kabupaten/Kota yang diserahi tugas dan tanggung jawab di bidang Kehutanan.

f. Jadwal Kegiatan

Tahapan dalam pelaksanaan sesuai dengan jadwal pelaksanaan yang tertuang dalam rancangan.

e. Tanggul

Tanggul memiliki nama lain levee, dike, embankment, yaitu semacam tembok miring baik buatan maupun alami, dipergunakan untuk mengatur muka air. Biasanya terbuat dari tanah dan seringkali dibangun sejajar badan sungai atau pantai.

Kata *dike* kemungkinan berasal dari bahasa Belanda *dijk*, dimana pembangunan tanggul telah terjadi sejak abad ke 12.Bangunan Westfriese Omringdijk selesai dibangun tahun 1250, didirikan dengan menyambung-nyambubngkan tanggul-tanggul yang sudah berdiri sebelumnya. Sementara dari bahasa Anglo-Saxon, kata *dic* diartikan menggali parit dan membentuk tanah timbunan di atasnya.

Tujuan utama dibuatnya tanggul adalah untuk mencegah terjadinya banjir pada dataran dipinggiran sungai. Tanggul ini penting peranannya karena dibberapa tempat sering kali permukaan air sungai pada saat banjir lebih tinggi dari daerah sekitarnya. Bagaimanapun, tanggul juga mengendalikan arah aliran air sungai sehingga tidak mengakibatkan banjir.

Gambar 34. Tanggul

Tanggul juga dapat ditemukan di sepanjang pantai, dimana gundukan pasir pantainya tidak cukup kuat menahan ombak. Tanggul juga dapat di bangun di sepanjang pinggir danau atau pantai dengan tujuan membentuk batas perlindungan terhadap suatu area yang tergenang bahkan pada saat tertentu dapat menjadi suatu perlindungan militer.

Tanggul bisa jadi hasil pekerjaan tanah yang permanen atau hanya konstruksi darurat, biasanya terbuat dari kantong pasir sehingga dapat dibangun secara cepat saat banjir. Mediterania. Peradaban Mesopotamia dan China Kuno juga membangun sistem tanggul.

Tanggul di sepanjang sungai adalah salah atu bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir dan badai (gelombang pasang). Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah, karena tanggul merupakan bengunan menerus yang sangat panjang serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar. Kecuali tanah, kiranya amatlah sukar untuk memperoleh bahan urugan untuk pembangunan tanggul dan bahan tanah dapat diperoleh dari hasil

galian di kanan-kiri trase rencana tanggul atau bahkan dapat diperoleh dari hasil pekerjaan normalisasi sungai, berupa galian pelebaran alur sungai, yang biasanya dilaksanakan bersamaan dengan pembangunan tanggul.

Dalam tahap perencanaan kiranya perlu diperhatiakan, agar hasil dari pekerjaan normalisasi sungai dapat dimanfaatkan sebagai bahan tanggul. Selain itu tanah merupakan bahan yang sangat mudah penggarapannya dan setelah menjadi tanggul sangat mudah pula menyesuaikan diri dengan lapisan tanah pondasi yang mendukungnya serta mudah pula menyesuaikan dengan kemungkinan penurunan yang tidak rata, sehingga perbaikan yang disebabkan oleh penurunan tersebut mudah dikerjakan. Selanjutnya tanah merupakan bahan bangunan yang sangat stabil dan tidak akan rusak selama puluhan, bahkan ratusan tahun. Apabila di beberapa tempat terjadi kerusaka tanggul, perbaikannya sangat mudah dan cepat menggunakan tanah yang tersedia disekitar lokasi kerusakan.

Gambar 35. Bangunan tanggul

1) Berbagai Jenis Tanggul

Berdasarkan fungsi dan dimensi tempat serta bahan yang dipakai dan kondisi topografi setempat, tanggul dapt dibedakan sebagai berikut :

a) Tanggul utama

Bangunan tanggul sepanjang kanan-kiri sungai guna menampung debit banjir rencana.

b) Tanggul sekunder

Tanggul yang dibangun sejajar tanggul utama, baik di atas bantaran di depan tanggul utama yang disebut tanggul musim panas maupun di belakang tanggul utam yang berfungsi untuk pertahanan kedua, andaikan terjadi bobolan pada tanggul utama. Tergantung pada pentingnya suatu areal yang dilindungi kadang-kadang dibangun pula tanggul tersier.

c) Tanggul terbuka

Pada sungai-sungai yang deras arusnya, biasanya dapt dibangun tanggul-tanggul yang tidak menerus, tetapi terputus-putus. Dengan demikian puncak banjir yang tinggi tetapi periode waktunya pendek dapat dipotong, karena sebagian banjir mengalir keluar melalui celah-celah antara tanggul-tanggul tersebut memasuki areal-areal di belakang tanggul yang dipersiapkan untuk penampungan banjir sementara. Biasanya areal-areal penampungan tersebut dikelilingi tanggul-tanggul pula. Setelah banjir mereda, maka air yang tertampung tersebut, kemudian mengalir kembali ke dalam sungai melalui celah-celah ini. Jadi tidak diperlukan adanya pintu-pintu atau pelimpah serta bangunan pelengkap lainnya.

Selain ketiga contoh tanggula diatas, masih ada beberapa tanggul, diantaranya ; tanggul pemisah, tanggul melingkar, tanggul melintang, tanggul pengarah, tanggul keliling, tanggul tepi, tanggul khusus dan tanggul belakang.

2) Stabilitas Tanggul

Pada umumnya penyebab kerusakan tubuh tanggul adalah sebagai berikut :

a) Terbentuknya bidang gelincir yang menerus akibat kemiringan lereng tanggul terlalu curam.
b) Terjadinya keruntuhan lereng tanggul akibat kejenuhan air dalam tubuh tanggul yang disebabkan oleh rembesan air pada saat banjir atau pada saat terjadinya hujan yang terus menerus.
c) Terjadinya kebocoran-kebocoran pada pondasi tanggul.
d) Tergerusnya lereng depan tanggul oleh arus sungai.
e) Terjadinya limpasan pada mercu tanggul.
f) Terjadinya pergeseran pondasi akibat gempa.

Salah satu cara penanggulangan banjir adalah dengan membangun infrastruktur yaitu tanggul. Tanggul dapat digunakan untuk menahan aliran air. Berikut ini dijelaskan pengertian tanggul, manfaat dan analisis pembuatannya

Pengertian Tanggul secara umum

Tanggul adalah suatu konstruksi yang dibuat untuk mencegah banjir di dataran yang dilindungi.Bagaimanapun, tanggul juga mengungkung aliran air sungai, menghasilkan aloran yang lebih dan muka air lebih tinggi.Tanggul juga dapat ditemukan di sepanjang pantai, dimana gumuk / gundukan pasir pantainya tidak cukup kuat, di sepanjang sungai untuk melindungi banjir, di sepanjang danau atau polder.Tanggul juga dibuat untuk tujuan empoldering / membentuk batasan perlindungan untuk suatu area yang tergenang serta suatu perlindungan militer.Tanggul bisa jadi pekerjaan tanah yang permanen atau hanya konstruksi darurat, biasanya terbuat dari kantong pasir sehingga secara cepat saat banjir.

Pembuatan Rancangan Tanggul

a. Persiapan

1) Pemilihan tempat pembangunan tanggul

a) Pemilihan lokasi tanggul dipilih pada lokasi yang kedap air

b) Arah trase tanggul

Dalam menentukan arah trase tanggul agar diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1) Pilihlah penampang sungai yang paling efektif dengan kapasitas pengaliran maksimum.
2) Agar trase searah dengan arah arus sungai dan dihindarkan terjadinya belokan yang tajam.
3) Diusahakan agar arah trase tanggul kiri dan tanggul kanan separalel mungkin dengan alur sungai.
4) Pada sungai-sungai yang arusnya tidak besar, diusahakanagar kurva alirannya stabil.

2) Orientasi lapangan yakni penyesuaian antara tempat yang memenuhi kriteria dengan lokasi sebenarnya.

3) Konsultasi. Konsultasi dengan berbagai pihak yang terkait baik formal maupun non formal untuk memperoleh masukan sebelum lokasi dan tipe tanggul ditetapkan.

b. Pengumpulan data dan informasi lapangan.

1) Data primer

Data primer diperoleh dengan cara survey dan pengukuran lapangan, meliputi sebagai berikut :

a) Topografi lokasi bangunan
b) Penutupan lahan dan pola tanam
c) Tanah (jenis, tekstur, permeabilitas)
d) Luas DTA
e) Jumlah, kepadatan dan pendapatan penduduk dan tingkat harga/upah disekitar lokasi

2) Data sekunder, dapat diperoleh dengan cara pengumpulan data yang telah ada/tersedia baik di instansi pemerintah, swasta dsb meliputi :
   a) Administrasi wilayah
   b) Curah hujan (jumlah, intensitas dan hari hujan)
   c) Erosi dan sedimentasi
   d) Adat istiadat masyarakat disekitar lokasi

c. Pengolahan dan analisa data/informasi

Dari hasil pengumpulan data dan informasi di lapangan dilakukan pengolahan dan analisa, sebagai berikut :

1) Dari data tanah, erosi/sedimentasi, topografi, curah hujan dan luas DTA kita bisa mendapatkan :
   a) Lokasi tanggul yang tepat yang memenuhi standar kriteria yang telah kita tetapkan sebelumnya.
   b) Bahan yang kita perlukan. Bahan yang biasanya dipergunakan dalam pembuatan tanggul adalah tanah. Namun untuk memperkuat tanggul kita dapat juga menambahkan pasir, bamboo dan batu. Penentuan sifat – sifat mekanis bambu berdasarkan persyaratan bahwa bambu yang digunakan dalam pembangunan merupakan bahan bangunan yang kering dengan kadar air 12%. Hal ini merupakan kadar air kesetimbangan pada kelembepan udara 70% yang dapat dianggap sebagai nilai rata – rata yang wajar pada iklim tropis. Pasir dipilih karena pasir biasanya digunakan sebagai agregat halus dalam campuran beton, bahan spesi perekat pasangan bata maupun keramik, pasir urug, screed lantai dan lain – lain. Bahan yang sangat cocok untuk pembangunan tanggul adalah tanah dengan karakteristik sebagai berikut:
      - Dalam keadaan jenuh air mampu bertahan terhadap gejala gelincir dan longsor.

- Pada waktu banjir yang lama tidak rembes atau bocor.
- Penggalian, transportasi dan pemadatannya mudah.
- Tidak terjadi retak-retak yang membayakan kesetabilan tubuh tanggul.
- Bebas dari bahan-bahan organis. seperti akar-akaran, pohon-pohonan dan rumput-rumputan.

c) Spesifikasi tanggul yang diperlukan. Meliputi panjang, tinggi, kemiringan dan lainnya. Tinggi tambahan diperlukan dalam pembuatan tanggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang sedang mengalir, yang diakibatkan oleh adanya ombak gelombang dan loncatan hidrolis pada saat banjir. Pada daerah yang padat, dimana perolehan areal tanah untuk tempat kedudukan tanggul sangat sukar daan mahal, pembangunan tanggul dengan mercu yang tidak lebar dan dengan lerengnya yang agak curam cukup memadai. Penentuan kemiringan lereng tanggul merupakan tahapan yang paling penting dalam perencanaan tanggul dan sangat erat kaitannya dengan infiltrasi air dalam tubuh tanggul tersebut. Dalam keadaan biasa tanpa perkuatan lereng tanggul direncanakan dengan kemiringan 1 : 2 atau lebih kecil. Dalam menghitung panjang, tinggi dan kemiringana perlu diperhitungkan juga gaya-gaya yang bekerja pada dinding (per-m panjang) seperti :

   Gaya gravitasi : W = mwall g

   Gaya hidorstatis : Fh = ½ gwater h2

   Gaya friksi : Ff = m W = m mwall g

d) Debit aliran air/debit banjir rencana.

   Debit bisa dicari dengan menggunakan rumus :

   Q = C x B XHI\1.5 x 11\0.5 (9.1.)

   dimana :

   Q : Debit (m3/dt)

C : Koefisien Chezy

B : Lebar sungai (m)

H : Kedalaman rata-rata (m)

I : Kemiringan permukaan sungai

Dalam perhitungan luas penampang lintang sungai dengan menggunakan formula tersebut, untuk beberapa arus sungai kadang-kadang sangat sukar merubah nilai I dan C. Jadi lebar sungai dan kedalaman air sungai disesuaikan dengan memperhatikan kecepatan aliran air sungai yang diperkenankan.

2) Dari data jumlah penduduk, mata pencaharian, pendapatan serta adat istiadat diolah dan dianalisa menjadi informasi:
    a) Potensi ketersediaan tenaga kerja.Tenaga kerja yang kita perlukan diantaranya aadalah orang yang ahli dalam teknik geodesi (untuk meneliti kekuatan dan penyerapan tanah), teknik kelautan (untuk membangun tanggul dan menentukan bahan-bahan yang kita perlukan), teknik planologi (untuk mengetahui dampak pembuatan tanggul bagi masyarakat), teknik lingkungan (untuk mengetahui dampak pembuatan tanggul bagi lingkungan), teknik metereologi (menghitung kuatnya aliran air) dan tukang-tukang lain yang membantu.
    b) Standar satuan biaya/upah yang berlaku. Standar ini dapat kita sesuaikan dengan kondisi masyarakat di daerah sana.

Pembuatan tanggul

1) Persiapan
    a) Penyiapan Kelembagaan
        - Pertemuan dengan masyarakat/kelompok dalam rangka sosialisasi rencana pelaksanaan pembuatan dam pengendali.

- Pembentukan organisasi dan penyusunan program kerja.

2) Pengadaan sarana dan prasarana

   Pengadaan peralatan/sapras diutamakan untuk jenis peralatan dan bahan habis pakai. Sedang pembuatan sarana dan prasarana dibuat dengan tujuan untuk memperlancar pelaksanaan pekerjaan dilapangan yang antara lain :

   a) Pembuatan jalan masuk
   b) Pembuatan gubuk kerja/gubuk material

3) Penataan areal kerja

   a) Pembersihan lapangan
   b) Pengukuran kembali
   c) Pemasangan patok batas
   d) d). Pembuatan tanggul

f. Pelaksanaan Pembuatan Dam Pengendali

1) Pemberi biaya dapat dari dua alternatif yaitu :

   a) Sistem Swakelola, artinya dana dihasilkan sendiri dari iuran masyarakat. Masyarakat sendiri yang turut aktif dalam membangun tanggul ini demi kenyamanannya.
   b) Pemerintah. Tugas pemerintah salah satunya adalah menjamin kesejahteraan rakyatnya. Cara menjamin kesejahteraan rakyat adalah dengan memastikan semua hal yang rakyat butuhkan telah tersedia dengan baik, misalnya tanggul yang diperlukan untuk menahan banjir. Tugas ini khususnya untuk pemerintah bagian Departemen PU.

   Salah satu kelemahan menggunakan biaya dari pemerintah adalah lamanya dana keluar dan ribetnya birokrasi juga kemungkinan dananya dipotong-potong untuk pihak tertentu. Tapi pembuatan tanggul ini sendiri memang tanggung jawab dari pemerintah. Saran saya

masyarakat tetap mengumpulkan uang yang diperlukan untuk membangun tanggul sambil memasukkan proposal kepada pemerintah. Sebelum uang dari pemerintah turun, masyarakat bisa menggunakan dana dari swakelola mereka sendiri kemudian diganti ketika dana dari pemerintah turun.

2) Pelaksana pembuatan tanggul
   a) Sistem swakelola, melalui SPKS dengan kelompok tani, dalam rangka pemberdayaan sumber daya dan meningkatkan partisipasi masyarakat lokal secara langsung serta menumbuhkan rasa memilikinya dan kepedulian memelihara apabila konstruksi telah selesai.
   b) Sistem pemborongan oleh Pihak III, melalui lelang dengan mengutamakan potensi lokal yang ada.

   Kedua sistem ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kelebihan dari pelelangan adalah mereka sudah mempunyai orang-orang ahli yang diperlukan sedangkan kekurangannya mereka bisa menentukan harga dan barang seenaknya, bisa saja mereka menggunakan bahan dengan kualitas murah dengan harga mahal untuk menipu pemerintah. Kelebihan dari sistem swakelola adalah langsung dari masyarakat yang memerlukan tandon tersebut sehingga mereka punya keinginan untuk memeliharanya dan memberikan yang terbaik dalam proses pembuatannya sedangkan kekurangannya mereka kurang ahli dalam pembuatan ini. Saran saya mereka dapat berkolaborasi dengan menggunakan ahli-ahli yang berasal dari kontraktor sedangkan bawahannya adalah masyarakat sekitar. Hal ini selain dapat menambah lapangan kerja bagi masyarakat sekitar juga menanamkan rasa kepemilikan bagi mereka. Dengan adanya kontraktor yang ahli pekerjaan mereka juga dapat terawasi dengan lebih baik.

3) Penjamin Penyelesaian Tanggul

   Penjamin penyelesaian tanggul adalah Petugas Lapangan Gerhan dibawah koordinasi Dinas Kabupaten/Kota yang diserahi tugas dan tanggung jawab di bidang Kehutanan. Tentu saja sebelumnya sudah ada MoU antara kontraktor, pemerintah dan masyarakat yang harus diikuti.

g. Bendung

Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air. Kebanyakan dam juga memiliki bagian yang disebut *pintu air* untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan.

Gambar 36. Bendung

Bendungan (dam) dan bendung (weir) sebenarnya merupakan struktur yang berbeda. Bendung (weir) adalah struktur bendungan berkepala rendah (lowhead dam), yang berfungsi untuk menaikkan muka air, biasanya terdapat di sungai. Air sungai yang permukaannya dinaikkan akan

melimpas melalui puncak / mercu bendung (overflow). Dapat digunakan sebagai pengukur kecepatan aliran air di saluran / sungai dan bisa juga sebagai penggerak pengilingan tradisional di negara-negara Eropa. Di negara dengan sungai yang cukup besar dan deras alirannya, serangkaian bendung dapat dioperasikan membentuk suatu sistem transportasi air. Di Indonesia, bendung dapat digunakan untuk irigasi bila misalnya muka air sungai lebih rendah dari muka tanah yang akan diairi.

Gambar 37. Bangunan bendung pada DAS

Gambar 38. Bendung Katulampa Bogor

Bangunan pengelak adalah bangunan utama yang benar-benar dibangun didalam air. Bangunan pengelak diperlukan untuk memungkinkan dibelokannya air sungai ke jaringan irigasi dengan jalan menaikkan muka air disungai atau dengan memperlebar pengambilan didasar sungai seperti pada tipe bendung saringan sawah (*bottom rock weir*).

Bangunan bendung adalah sebuah ambang yang diletakan melintang diatas dasar sungai supaya permukaan air pada sungai tersebut menjadi lebih tinggi dari tinggi air semula. Tetapi jika muka air sungai sudah cukup tinggi, dapat dipertimbangkan pembuatan pengambilan bebas bangunan yang dapat mengambil air dalam jumlah yang cukup banyak selama waktu pemberian air irigasi tanpa membutuhkan tinggi muka air yang tetap disungai. Untuk memperpanjang umur bendung atau yang sering kita sebut dengan pemeliharaan, kita dapat melakukan beberapa tindakan antara lain:

- Dengan pemanfaatan terowongan, dibuat dengan ambang alam sehingga tahan terhadap gerusan sedimen dan tinggi muka air minimum masih tetap terjamin.
- Dengan membersihkan daerah bangunan dari semua kotoran yang dapat mengganggu aliran air.
- Dengan menambal bangunan yang bocor sehingga tidak menimbulkan terusan.

Untuk pengoperasian bendung diperlukan seorang operator yang bertugas mengoperasikan bendung sekaligus mengatur banyaknya debit alir yang disalurkan dengan arah penyaluran secara tepat, dan juga bertugas merawat bendung dan bangunan pelengkapnya. Pada dasarnya pengaturan bendung adalah pengaturan pintu sadap untuk mengalirkan pintu air kesaluran pengairan dan pengaturan pintu penguras pada setiap kali dibutuhkan pengurasan.

Fungsi Bendung

Adapun fungsi dari bendung (*weir*) antara lain :

1) Pada debit kecil bendung harus menutup sungai dan menaikan muka air.
2) Pada debit besar sebagian saja air diambil dan sebagian besar akan melintasi punggung bendung, sehingga bendung seperti ini berfungsi sebagai peluap.

Syarat-Syarat Konstruksi Bendung

1) Bendung harus stabil (terutama terhadap tekanan air),
2) Dapat menahan bocoran (bahaya piping),
3) Elevasi punggung bendung harus memenuhi syarat kebutuhan pengairan daerah yang dilayani,
4) Muka air bendung serendah mungkin,
5) Biaya pembuatan dan pembuatan semurah mungkin,
6) Bentuk peluap harus sedemikian rupa sehingga batu dan pasir dapat dijatuhkan pada dasar sungai hilir dengan tidak merusak konstruksi.

Macam-Macam Bendung Berdasarkan Lokasi

Berdasarkan lokasinya, bendung dapat dibagi menjadi:

1) Bendung pada sungai. Bendung pada sungai dipilih pada bagian sungai yang lurus.
2) Bendung pada Caupure. Bendung pada caupure dibangun jika dijumpai bagian sungai yang membelok tajam dan kembali lagi.

Hal-Hal Yang Dapat Merusak Bendung Dan Cara Mengatasinya

1) Piping

   Adalah bocoran melalui bawah struktur dengan kecepatan yang cukup besar, sehingga berpotensi membawa partikel-partikel tanah. Kerusakan yang terjadi yaitu keroposnya tanah dibawah struktur yang akan mengakibatkan struktur pecah atau hancur.

Usaha untuk menghindar yaitu dengan memperkecil kecepatan aliran piping yang dapat dilakukan dengan cara:

- Pembuatan lantai muka
- Pembuatan turap

2) Rusaknya lantai rendah

   Diakibatkan karena salahnya hitungan atau asumsi. Lantai bisa rusak karena ada turbulensi/olakan (*kolk*) oleh aliran. Hal ini dapat diatasi dengan hitungan hidrolika yang benar.

3) Pecahnya badan bendung

   Yaitu akibat tekanan tarik karena kekeliruan dalam desain disebabkan karena resultan gaya yang bekerja terletak diluar teras. Hal ini dapat diatasi dengan dimensi atau bentuk akibat gaya-gaya yang bekerja pada teras.

4) Gerusan pasir / lumpur pada bendung

   Untuk mengatasinya diperlukan kekuatan beton yang cukup kuat untuk menahan gerusan air dengan ketebalan tertentu (± 30 cm).

5) Stabilitas

   Gangguan stabilitas disebabkan tekanan air yang terlalu besar, untuk itu tekanan air perlu diperkecil dengan cara memecah energi air dimuka bendung.

Jenis Bendungan

Dam dapat diklasifikasikan menurut struktur, tujuan atau ketinggian. Berdasarkan struktur dan bahan yang digunakan, bendungan dapat diklasifikasikan sebagai dam kayu, "*embankment dam*" atau "*masonry dam*", dengan berbagai subtipenya.

Tujuan dibuatnya termasuk menyediakan air untuk irigasi atau penyediaan air di perkotaan, meningkatkan navigasi, menghasilkan tenaga hidroelektrik, menciptakan tempat rekreasi atau habitat untuk ikan dan hewan lainnya, pencegahan banjir dan menahan pembuangan dari tempat industri seperti pertambangan atau pabrik. Hanya beberapa dam yang dibangun untuk semua tujuan di atas.

Menurut ketinggian, *dam besar* lebih tinggi dari 15 meter dan *dam utama* lebih dari 150 m. Sedangkan, *dam rendah* kurang dari 30 m, *dam sedang* antara 30 - 100 m, dan *dam tinggi* lebih dari 100 m.Kadang-kadang ada yang namanya *Bendungan Sadel* sebenarnya adalah sebuah dike, yaitu tembok yang dibangun sepanjang sisi danau untuk melindungi tanah di sekelilingnya dari banjir. Ini mirip dengan tanggul, yaitu tembok yang dibuat sepanjang sisi sungai atau air terjun untuk melindungi tanah di sekitarnya dari kebanjiran.

Bendungan Pengecek *check dam* adalah bendungan kecil yang didisain untuk mengurangi dan mengontrol arus erosi tanah.Bendungan kering *dry dam* adalah bendungan yang didisain untuk mengontrol banjir. Ia biasanya kering, dan akan menahan air yang bila dibiarkan akan membanjiri daerah dibawahnya.

Bendungan Separuh

Bendungan separuh diversionary dam adalah bendungan yang tidak menutup sungai. sebagian dari arus ditampuh di danau terpisah, di depan bendungan.

Bendungan Kayu

Bendungan kayu kadang-kadang digunakan orang karena keterbatasan lokasi dan ketinggian di tempat ia dibangun. Di Lokasi tempat bendungan kayu dibuat, kayulah bahan yang paling murah, semen mahal dan sulit untuk diangkut. Bendungan kayu dulu banyak digunakan, tapi kebanyakan

sudah diganti dengan beton, khususnya di negara-negara industri. Beberapa bendungan dam masih dipakai. Kayu juga bahan dasar yang digunakan berang-berang, sering juga ditambah lumpur dan bebatuan untuk membuat bendungan berang-berang.

Bangunan Pengendali Sedimen/Bendung

Sungai adalah jalur air di atas permukaan bumi yang disamping mengalirkan air juga mengangkut sedimen terkandung dalam air sungai tersebut. Sedimen terbawa hanyut oleh aliran air, yang dapat dibedakan sebagai endapan dasar, dan muatan melayang. Karena muatan dasar senantiasa bergerak, maka permukaan dasar sungai kadang-kadang naik, tetapi kadang-kadang turun (degradasi). Sedangkan muatan melayang tidak berpengaruh pada alterasi dasar sungai, te tapi dapat dapat mengendap di dasar waduk-waduk.sehingga bisa menimbulkan berbagai masalah dan pendangkalan waduk maupun muara sungai.

Pengendalian sedimen :

Mencegah terjadinya proses sedimentasi adalah suatu hal yang tidak mungkin dapat dilakukan, karena sedimentasi adalah hasil suatu proses gejala alam yang sangat komplex di atas permukaan bumi ini. Proses ini berlangsung secara menerus dan kadang – kadang lebih diperparah oleh kegiatan manusia. Oleh aliran air hujan bahan – bahan hasil sedimentasi tersebut dihanyutkan memasuki palung – palung sungai.

Secara teknis proses sedimentasi dapat diperlambat mencapai tingkat yang tidak membahayakan, yaitu tingkat sedimentasi yang seimbang dengan kemampuan daya angkut aliran sungai secara fluvifal dan dapat dihindarkan gerakan sedimen secara massa. Dengan demikian alur sungai di daerah kipas pengendapan pada tingkat – tingkat tertentu dapat distabilkan baik vertikal maupun horisontal.

Guna memperlambat proses sedimentasi, maka diperlukan data mengenai tipe sedimen yang dihasilkan dan cara terangkutnya, lokasinya, volume, intensitas evolusi dasarv sungainya, hujan, debit sungai, sebab – sebab bencana yang pernah terjadi,dan lain –lain. Usaha – usaha yang dilakukan untuk memperlambat proses sedimentasi ini antara lain dengan mengadakan pekerjaan teknik sipil untuk mengendalikan gerakannya menuju bagian sungai di sebelah hilirnya. Adapun pekerjaannya adalah *berupa pembangunan bendung penahan (check-dam), kantong lahar, bendung pengatur, bendung konsolidasi serta pekerjaan normalisasi alur sungai (hill side work).*

Macam macam bangunan pengendali sendimen

Bendung Penahan (*check dam*)

Bendung-bendung penahan dibangun di sebelah hulu yang berfungsi memperlambat gerakan dan berangsur-angsur mengurangi volume banjir lahar. Untuk menghadapi gaya-gaya yang terdapat pada banjir lahar maka diperlukan bendung penahan yang cukup kuat.

Selain itu untuk menampung benturan batu-batu besar, maka mercu dan sayap bendung harus dibuat dari beton atau pasangan yang cukup tebal dan dianjurkan sama dengan diameter maksimum batu-batu yang diperkirakan akan melintasi. Sangat sering runtuhnya bendung penahan disebabkan adanya kelemahan pada sambungan konstruksinya, oleh sebab ini sambungan-sambungan harus dikerjakan dengan sebaik-baiknya.

Walaupun terdapat sedikit perbedaan perilaku gerakan sedimen, tetapi metode pembuatan desain untuk pengendaliannya hampir sama, kecuali perbedaan pada konstruksi sayap mercu serta ukuran pelimpah dan bahan tubuh bendung. Untuk bendung pengendali gerakan sedimen secara fluvial yang bahannya berbutir halus, mercunya dapat dibuat lebih tipis.

Bahan untuk tubuh beton selain beton dan pasangan batu dapat juga dari kayu, bronjong kawat, atau tumpukan batu. Sedangkan untuk bendung penahan gerakan massa biasanya digunakan beton dan pasangan batu. Tipe bendung yang dipakai adalah tipe gravitasi yang lebih rendah dari 15 m.

Bendung Pengatur (*sabo dam*)

Di samping dapat pula menahan sebagian gerakan sedimen, fungsi utama bendung pengatur adalah untuk mengatur jumlah sedimen yang bergerak secara fluvial dalam kepekatan yang tinggi, sehingga jumlah sedimen yang meluap ke hilir tidak berlebihan. Dengan demikian besarnya sedimen yang masuk akan seimbang dengan kemampuan daya angkut aliran air sungainya, sehingga sedimentasi pada daerah kipas pengendapan dapat dihindarkan.

Pada sungai-sungai yang diperkirakan tidak akan terjadi banjir lahar, tetapi banyak menghanyutkan sedimen dalam bentuk gerakan fluvial, maka bendung-bendung pengatur dibangun berderet-deret di sebelah hulu daerah kipas pengendapan. Untuk sungai-sungai yang berpotensi banjir lahar, maka bendung-bendung ini dibangun di antara lokasi sistem pengendalian lahar dan daerah kipas pengendapan.

Jika tanah pondasi terdiri dari batuan yang lunak, maka gerusan tersebut dapat dicegah dengan pembuatan bendung anakan *(sub dam).* Kadang-kadang sebuah bendung memerlukan beberapa buah sub-dam, sehingga dapat dicapai kelandaian yang stabil pada dasar alur sungai di hilirnya. Stabilitas dasar alur sungai tersebut dapat diketahui dari ukuran butiran sedimen, debit sungai dan daya angkut sedimen, kemudian barulah jumlah sub-dam dapat ditetapkan. Selanjutnya harus pula diketahui kedalaman gerusan di saat terjadi banjir besar dan menetapkan jumlah sub-dam yang diperlukan, agar dapat dihindarkan terjadinya keruntuhan bendung-bendung secara beruntun.

Penentuan tempat kedudukan bendung, biasanya didasarkan pada tujuan pembangunannya sebagaimana tertera di bawah ini:

- Untuk tujuan pencegahan terjadinya sedimentasi yang mendadak dengan jurnlah yang sangat besar yang dapat timbul akibat terjadinya tanah longsor, sedimen luruh, banjir lahar dan lain-lain maka tempat kedudukan bendung haruslah diusahakan pada lokasi di sebelah hilir dari daerah sumber sedimen yang labil tersebut, yaitu pada alur sungai yang dalam, agar dasar sungai naik dengan adanya bendung tersebut
- Untuk tujuan pencegahan terjadinya penurunan dasar sungai, tempat kedudukan bendung haruslah sebelah hilir dari diusahakan penempatannya di ruas sungai tersebut. Apabila ruas sungai tersebut cukup panjang, maka diperlukan beberapa buah bendung yang dibangun secara berurutan membentuk terap-terap sedemikian, sehingga pondasi bendung yang lebih hulu dapat tertimbun oleh tumpukan sedimen yang tertahan oleh bendung di hilirnya.
- Untuk tujuan memperoleh kapasitas tampung yang besar, maka tempat kedudukan bendung supaya diusahakan pada lokasi di sebelah hilir ruas sungai yang lebar sehingga dapat terbentuk semacam kantong. Kadang-kadang bendung ditempatkan pada sungai utama di sebelah hilir muara anak-anak sungai yang biasanya berupa sungai arus deras (*torrent*) dapat berfungsi sebagai bendung untuk penahan sedimen baik dari sungai utama maupun dari anak-anak sungainya.

Gambar 39. Bangunan Sabo dam

Bendung Konsolidasi

Peningkatan agradasi dasar sungai di daerah kipas pengendapan dapat dikendalikan dan dengan demikian alur sungai di daerah ini tidak mudah berpindah-pindah. Guna lebih memantapkan serta mencegah terjadinya degradasi alur sungai di daerah kipas pengendapan ini, maka dibangun bendung-bendung konsolidasi (*consolidation dam).* Jadi bendung konsolidasi tidak berfungsi untuk menahan atau menampung sedimen yang berlebihan.

Apabila elevasi dasar sungai telah dimanfaatkan oleh adanya bendung-bendung konsolidasi, maka degradasi dasar sungai yang diakibatkan oleh gerusan dapat dicegah. Dengan demikian dapat dicegah pula keruntuhan bangunan perkuatan lereng yang ada pada bagian sungai tersebut. Selanjutnya bendung-bendung konsolidasi dapat pula mengekang pergeseran alur sungai dan dapat mencegah terjadinya gosong pasir.

Tempat kedudukan bendung konsolidasi ditentukan berdasarkan tujuan pembuatannya dengan persyaratan sebagai berikut:

- Untuk tujuan pencegahan degradasi dasar sungai, bendung-bendung konsolidasi ditempatkan pada ruas sungai yang dasarnya selalu menurun. Jarak antara masing-masing bendung didasarkan pertimbangan kemiringan sungai yang stabil.
- Apabila terdapat anak sungai, mesti dipertimbangkan penempatan bendung-bendung konsolidasi pada lokasi yang terletak di sebelah hilir muara anak sungai tersebut.
- Untuk tujuan pencegahan gerusan pada lapisan tanah pondasi suatu bangunan sungai, bendung-bendung konsolidasi ditempatkan di sebelah hilir bangunan tersebut.
- Untuk menghindarkan tergerus dan jebolnya tanggul pada sungai-sungai arus deras serta mencegah keruntuhan lereng dan tanah longsor,

bendung-bendung konsolidasi ditempatkan langsung pada kaki-kaki tanggul, kaki lereng dan kaki tebing bukit yang akan diamankan.

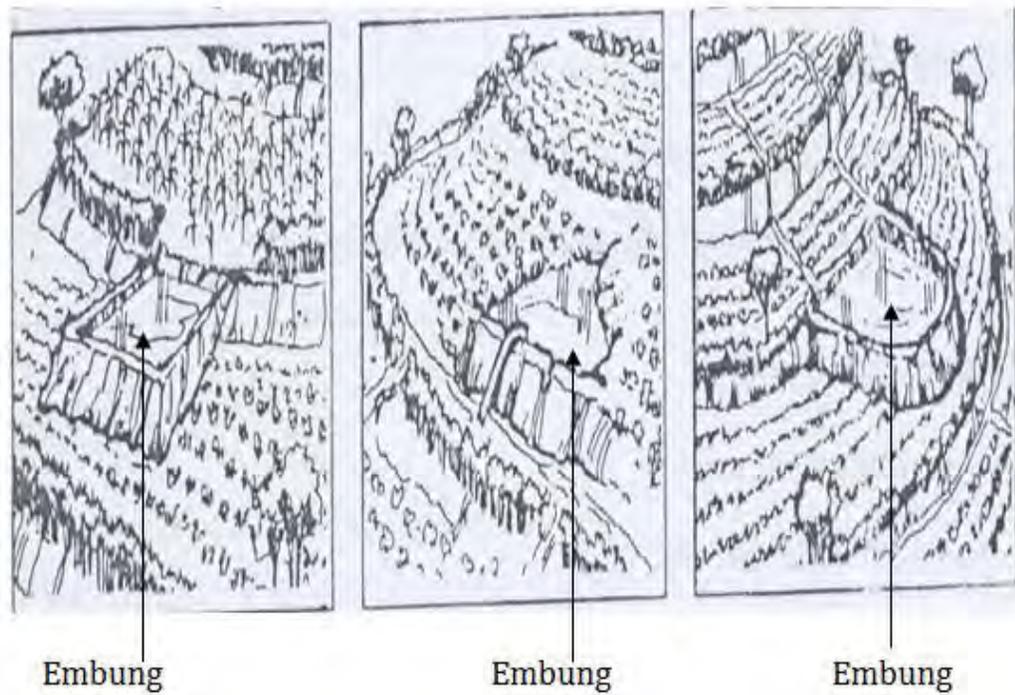
- Apabila pembangunan sederetan bendung-bendung konsolidasi dikombinasikan dengan perkuatan tebing, jarak antara masing-masing bendung yang berdekatan supaya diarnbil 1,5 – 2,0 kali lebar sungai.

h. Waduk

Waduk adalah kolam besar tempat menyimpan air sediaan untuk berbagai kebutuhan. Waduk dapat terjadi secara alami maupun dibuat manusia. Waduk buatan dibangun dengan cara membuat bendungan yang lalu dialiri air sampai waduk tersebut penuh. Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air. Kebanyakan dam juga memiliki bagian yang disebut *pintu air* untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan.

Bahan membangun tanggul biasanya kayu keras seperti kayu Ulin dari Kalimantan yang tahan cuaca panas hujan, bahkan banyak orang menyatakan bila terkena air makin kuat.

i. Embung

Embung adalah bangunan konservasi air berbentuk kolam yang ditujukan untuk menampung air hujan dan atau air limpasan serta sumber air lainnya yang selanjutnya digunakan untuk kepetingan pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan dan lain-lain. Umumnya embung dibangun di daerah yang kering atau kekurangan air dan berbukit/lereng. Sebagai gambaran untuk menjelaskan posisi embung dapat dilihat gambar dibawah ini:

Gambar 40. Posisi embung di daerah lereng/bukit

Sumber:http://www.docstoc.com

Gambar 41. Embung yang cukup besar dan telah berfungsi

Lebih lanjut Iis Syamsiah, peneliti dari Balai Penelitian Tanaman Padi Sukamandi, Subang menyatakan bahwa pembuatan embung harus memenuhi beberapa criteria, seperti jenis tanah, kemiringan, tipe curah hujan, ukuran dan luas daerah tangkapan hujan. Penandaan alur air limpasan harus segera diketahui melalui pengamatan pada musim hujan, sehingga arah aliran air tersebut sebagai dasar penentuan letak embung.

j. Saluran drainage dan irigasi

Saluran drainage dan irigasi ini ditujukan untuk mengalirkan kelebihan air sehingga tidak merusak tanah, tanaman, dan atau bangunan konservasi lainnya. Bentuk-bentuk saluran drainase dan irigasi:

Saluran pengelak

Fungsi :

- Mencegah masuknya aliran permukaan dari daerah di atasnya ke daerah bawah yang rawan longsor.
- Mengalirkan kelebihan air ke saluran pembuangan air (SPA).
- Memotong/memperpendek panjang lereng sehingga mengurangi erosi.

Pembuatan dan pemeliharaan :

- Dimensi/ukuran saluran tergantung pada jumlah air aliran permukaan yang akan ditampung. Untuk areal yang landai dan tidak terlalu luas (0,1-0,15 ha) saluran drainase berukuran 20 cm (dalam) x 30 m (lebar). Untuk daerah yang lebih luas dan curam memerlukan saluran yang berukuran lebih besar (30 cm x 40 cm).
- Tanah hasil galian (urugan) digunakan untuk pembuatan guludan atau tanggul pada bagian bawah saluran.

- Panjang saluran maksimum 50-100 m atau disesuaikan dengan kondisi di lapang. Apabila lebih panjang, dipotong dengan rorak yang ukurannya disesuaikan dengan ukuran saluran tersebut.
- Dibuat memotong lereng dengan sedikit (0,1-0,5%) membentuk sudut dengan garis kontur agar air dapat mengalir ke bagian bawah.
- Pada dasar saluran ditanami rumput yang tumbuh rapat dan merayap agar tidak terjadi penggerusan saluran.
- Pemeliharaan : mengeluarkan dan mengangkut sedimen serta mengembalikannya ke areal pertanaman memangkas rumput dan atau semak yang tumbuh pada saluran serta pemeliharaan guludan.

Saluran teras

Fungsi :

- Menampung air yang mengalir dari tampingan teras
- Memberikan kesempatan bagi air untuk masuk ke dalam tanah.

Pembuatan dan pemeliharaan :

- Dibuat dekat perpotongan antara bidang olah dan tampingan teras.
- Berukuran minimal lebar 20 cm dan dalam 20 cm. Panjang saluran 50-100 m (membentang dari satu SPA ke SPA lainnya).
- Dibuat memotong lereng dengan sedikit membentuk sudut untuk mengalirkan air dengan kemiringan saluran 0,1-0,5% terhadap garis kontur.
- Ujung saluran ditanami dengan beberapa baris rumput yang berfungsi untuk mengurangi penghanyutan tanah ke SPA.
- Dilengkapi dengan rorak penjebak sedimen.
- Sedimen dikeluarkan dan dikembalikan ke bidang olah apabila saluran mengalami pendangkalan.
- Dasar saluran ditanami rumput dan dipangkas secara berkala.
- Saluran pembuangan air (SPA)

Fungsi :

- Menampung dan mengalirkan air dari saluran pengelak dan atau saluran teras ke sungai atau tempat penampungan/pembuangan air lainnya tanpa menyebabkan erosi.

Pembuatan dan pemeliharaan :

- Berukuran lebar 30-50 cm dan dalam 50 sampai 70 cm atau disesuaikan dengan kondisi lapangan.
- Untuk mengendalikan erosi pada dasar dan dinding SPA, dilakukan penanaman rumput atau susunan batuan.
- Rumput ditanam di dasar dan dinding SPA atau sekurang-kurangnya pada jarak 2-5 m menyerupai strip di dalam SPA.
- Jenis rumput yang cocok adalah rumput yang mudah beradaptasi dan tidak disukai ternak, misalnya rumput vetiver, atau Phaspalum notatum (rumput bahia).
- Pada lahan yang terjal (>30%) jika batu tersedia,dianjurkan menggunakan susunan batu pada dasar saluran, terutama pada bagian dasar terjunan.

Gambar 42. Bangunan Saluran Pembuang Air (SPA) dari batu

Bangunan terjunan air (BTA)

Fungsi :

- Mengurangi kecepatan aliran pada SPA sehingga air mengalir dengan kecepatan yang tidak merusak.
- Memperpendek panjang lereng untuk memperkecil erosi.

Pembuatan dan pemeliharaan :

- Dibuat dengan jarak vertikal yang disesuaikan dengan kemiringan lahan.
- Dimensi BTA: lebar disesuaikan dengan lebar SPA dan tinggi 50-75 cm. Pada daerah yang curam, tinggi bangunan terjunan > 75 cm.
- Pada dinding terjunan air, permukaan tanah perlu dilindungi dengan bahan yang mudah didapat dilokasi seperti susunan batu, bambu atau bahan lain seperti kantong tanah, pasir, semen, batubata.
- Pada dasar terjunan dilengkapi dengan penahan sedimen, dapat digunakan beberapa baris (rumput) penguat yang ditanam melintang/memotong SPA. Untuk tanah peka erosi penahan sedimen tersebut terbuat dari batu-batu besar. Pada daerah dimana ternak ruminansia tidak dilepas di ladang, penahan sedimen dapat berupa beberapa barisan rumput pakan ternak.
- Pemeliharaan : bangunan terjunan segera diperbaiki apabila nampak adanya kerusakan.

Gambar 43. Bangunan terjunan air (BTA) dari bambu

k. Sumur Resapan dan biopori

Sumur resapan merupakan lubang yang dibuat untuk menampung air hujan agar tidak mengalir keluar pekarangan. Biasanya air dari atap rumah dan dari bagian rumah lainnya dipekarangan tersebut dialirkan menjadi satu atau beberapa sesuai jumlah dan kapasitas sumurnya.

Sumur resapan ini sangat penting dibuat pada daerah pemukiman padat yang topographinya lereng seperti daerah Puncak Bogor Jawa Barat, Batu Malang dan lain-lain daerah yang kondisi pemukimannya sejenis.

Sumur resapan air merupakan rekayasa teknik konservasi air yang berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan diatas atap rumah dan meresapkannya ke dalam tanah (Dephut,1994 dalam http://klastik.wordpress.com/2008/02/04/cegah-banjir-dengan-sumur-resapan/ (Tgl24 Desember 2010)

Selanjutnya manfaat sumur resapan air adalah:

- Mengurangi aliran permukaan dan mencegah terjadinya genangan air di pekarangan, sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya banjir dan erosi,
- Mempertahankan tinggi muka air tanah dan menambah persediaan air tanah,
- Mengurangi atau menahan terjadinya intrusi air laut bagi daerah yang berdekatan dengan wilayah pantai,
- Mencegah penurunan atau amblasan tanah sebagai akibat pengambilan air tanah yang berlebihan, dan
- Mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah

Konstruksi Sumur Resapan Air (SRA) merupakan alternatif pilihan dalam mengatasi banjir dan menurunnya permukaan air tanah pada kawasan perumahan, karena dengan pertimbangan :

a) pembuatan konstruksi SRA tidak memerlukan biaya besar,
b) tidak memerlukan lahan yang luas, dan
c) bentuk konstruksi SRA sederhana.

Untuk membuat sumur resapan perlu memperhitungkan luas tangkapan air hujan yang akan dikumpulkan disumur tersebut dan kapasitas sumurnya.

Tahapan untuk membuat sumur resapan menurut adalah sebagai berikut:

Melakukan analisis curah hujan;

Analisa terhadap curah hujan dimaksudkan untuk menghitung intensitas curah hujan maksimum pada perioda ulang tertentu. Dengan mengetahui intensitas curah hujan maksimum maka kapasitas sumur resapan akan dapat dihitung.

- Menghitung luas tangkapan hujan;
  Bersama-sama dengan intensitas curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu untuk menentukan besarnya debit aliran.
- Menganalisis lapisan tanah/batuan;
  Lapisan tanah terdiri dari berbagai macam lapisan mulai dari tanah belempung, pasir berlempung dan gravel atau kombinasi dari lapisan tersebut. Sumur resapan akan sangat efisien jika dibuat sampai pada daerah dengan lapisan batuan yang terdiri dari pasir atau gravel.
- Pembuatan sumur;
  Sumur resapan dapat dibangun dengan menggunakan bis beton dengan lapisan porus atau susunan batu bata yang disusun secara teratur.

Untuk membangun sumur resapan agar dapat memberikan manfaat yang optimum diperlukan metoda perhitungan (Sunjoto,1992 dalam) sebagai berikut :

- Menghitung debit air masuk sebagai fungsi karakteristik luas atap bangunan dengan formula rasional (Q=CIA, Q=debit masuk, C=koefisien aliran (jenis atap rumah), I=intensitas hujan, A=luas atap)
- Menghitung kedalaman sumur optimum diformulakan sebagai berikut:
  $H = Q/FK [1-exp(-(FKT/pR^2)]$
  H = Kedalaman air (m)
  Q = Debit masuk (m^3/dt)
  F = Faktor geometrik (m)
  K = Permeabilitas tanah (m/dt)
  R = Radius sumur.
  T = Durasi aliran (dt).
  Evaluasi jenis fungsi dan pola letak sumur pada jarak saling pengaruh guna menentukan kedalaman terkoreksi dengan menggunakan multi well system.
  Data teknis sumur resapan air yang dikeluarkan oleh PU Cipta Karya adalah sebagai berikut :
- Ukuran maksimum diameter 1,4 meter
- Ukuran pipa masuk diameter 110 mm
- Ukuran pipa pelimpah diameter 110 mm
- Ukuran kedalaman 1,5 sampai dengan 3 meter
- Dinding dibuat dari pasangan bata atau batako dari campuran 1 semen : 4 pasir tanpa plester
- Rongga sumur resapan diisi dengan batu kosong 20/20 setebal 40 cm
  Penutup sumur resapan dari plat beton tebal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil.

Sebagai gambaran bagi kita jika akan membangun suatu sumur resapan akan tetapi tidak ingin direpotkan oleh perhitungan yang cukup merepotkan maka Tabel dapat digunakan sebagai bahan acuan daerah :

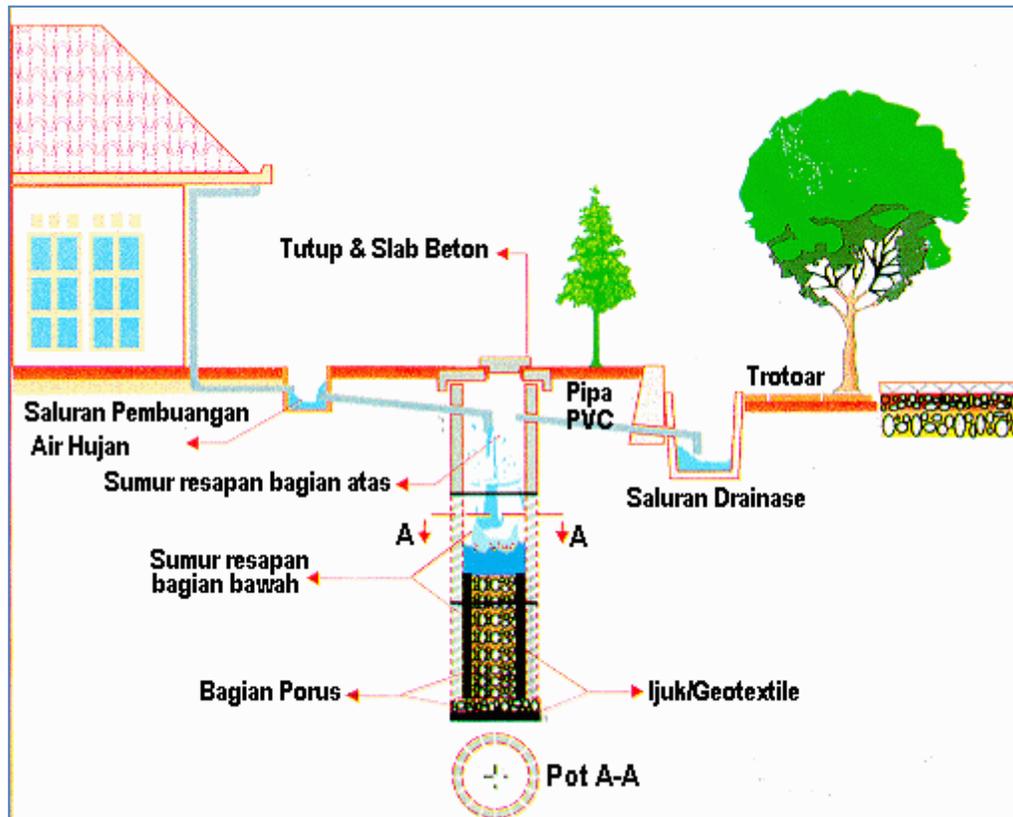
Tabel 20. Volume Sumur Resapan pada Kondisi Tanah Permeabilitas Rendah (SK Gub No.17 Th 1992)

No.	Luas Kavling (M^2)	Volume Resapan Ada Saluran Drainase Sebagai Pelimpahan=V1 (M^3)	Volume Sumur Resapan Tanpa Ada Saluran Drainase Sebagai Pelimpahan=V2 (M^3)
1	50	1,3-2,1	2,1-4
2	100	2,6-4,1	4,1-7,9
3	150	3,9-6,2	6,2-11,9
4	200	5,2-8,2	8,2-15,8
5	300	7,8-12,3	12,3-23,4
6	400	10,4-16,4	16,4-31,6
7	500	13-20,5	20,5-39,6
8	600	15,6-24,6	24,6-47,4
9	700	18,2-28,7	28,7-55,3
10	800	20,8-32,8	32,8-63,2
11	900	23,4-36,8	36,8-71,1
12	1000	26-41	41-79

Sumber : http://klastik.wordpress.com/2008/02/04/cegah-banjir-dengan-sumur-resapan/ (Tgl 24 Desember 2010).

Tahap-tahap pembuatan sumur resapan adalah :

- Persiapan awal berupa penyiapan lahan dan bahan.
- Penggalian baik untuk sumur itu sendiri maupun jaringan yang baerasal dari atap rumah.
- Pemasangan meliputi pemasangan bis beton atau batu bata dan pemasangan jaringan saluran air dari rumah ke rumah.

Pemasangan sumur resapan dapat dilakukan dengan model tunggal dan komunal. Maksud sumur resapan model tunggal adalah satu sumur resapan digunakan untuk satu rumah, sedangkan yang komunal satu sumur resapan digunakan secara bersama-sama untuk lebih dari satu rumah. Letak sumur resapan untuk yang model tunggal biasanya di halaman rumah sedang yang model komunal dapat dipasang di bahu jalan.

Sumber: http://www.klikhomes.com/Arsitektur

Gambar 44. Penampang membujur sumur resapan Biopori

Bila kita ke hutan yang kondisinya baik tentu kita akan melihat komponen ekosistem hutan yan terdiri dari pohon, anakan, seresah dan organism/hewan-hewan kecil seperti semut, serangga, cacing dan lain-lain. Pada permukaan tanah berseresah tersebut bila kita singkap penutup tanahnya akan terlihat akar tanaman, daun dan ranting kayu yang melapuk dan lubang-lubang yang terbentuk karenanya. Lubang-lubang tersebut merupakan biopori atau lubang-lubang yang terbentuk oleh karena adanya bio/kehidupan baik yang menjadi lapuk/mati maupun yang masih aktif.

Jadi secara alami, berupa lubang-lubang kecil pada tanah yang terbentuk akibat aktivitas organisme dalam tanah seperti cacing atau pergerakan akar-akar dalam tanahmbentuk biopori. Secara otomatis lubang-lubang tersebut akan terisi udara dan menjadi jalur mengalirnya air masuk kedalam tanah terutama bila hujan tiba. Kondisi tersebut tentu dengan di

kota yang hutannya sudah tidak ada. Agar terjadi penyerapan air hujan yang jatuh di wilayah perkotaan sebagaimana yang terjadi di hutan, maka perlu dilakukan rekayasa biopori buatan.

Kondisi kota besar misalnya DKI Jakarta yang memiliki lahan resapan air yang sangat sedikit sekali disertai dengan penggunaan air tanah yang sangat berlebihan menyebabkan penurunan permukaan tanah serta mengakibatkan sulitnya untuk mendapatkan air berkualitas baik dan cukup di kawasan tersebut. Dengan demikian keseimbangan lingkungan yang harus terus menerus dilestarikan dan dijaga pun semakin rusak dan tidak terkendali. Untuk itulah diperlukan adanya gerakan pelestarian alam sekitar yang dilakukan secara bersama-sama oleh semua pihak serta berkesinambungan.

Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mencegah mengalirnya air hujan ke selokan yang kemudian terbuang percuma ke laut lepas adalah dengan pembuatan lubang biopori resapan atau LBR. Lubang resapan biopori adalah metode resapan air yang ditujukan untuk mengatasi banjir dengan cara meningkatkan daya resap air pada tanah. Metode ini dicetuskan oleh Ir. Kamir R Brata, M.Sc, salah satu peneliti dari Institut Pertanian Bogor.

Peningkatan daya resap air pada tanah dilakukan dengan membuat lubang pada tanah dan menimbunnya dengan sampah organik untuk menghasilkan kompos. Sampah organik yang ditimbunkan pada lubang ini kemudian dapat menghidupi fauna tanah, yang seterusnya mampu menciptakan pori-pori di dalam tanah. Teknologi sederhana ini kemudian disebut dengan nama *biopori* (http://id.wikipedia.org/wiki/Biopori (tgl 24 Desember 2010).

Untuk membuat biopori dapat dilakukan dengan alat mirip auger yang biasa digunakan dalam pengambilan contoh tanah. Alat membuat biopori

berupa pipa besi panjang kurang lebih 100 cm yang dibagian ujungnya dilengkapi dengan plat besi yang berbentuk seperti daun dan berfungsi sebagai bor bila diputar dan ditekan ke tanah dengan diameter sekitar 10 cm.

Dibagian atas terdapat pegangan pemutar arah mendatar dengan ukuran 20 – 30 cm. Alat biopori ini dapat dibuat di bengkel-bengkel las ataupun membeli di penjual khusus. Dipasaran ternyata telah terjadi perke mbangan bentuk alat ini disesuaikan dengan kebutuhan teknologi. Contoh bentuk alat biopori adalah sebagai berikut:

Gambar 45. Alat/bor biopori model biasa yang diproduksi awal

Sumber: http://www.indonesiabiopori.com

Gambar 46. Bor Biopori Model Baru;

Biopori dapat umumnya dibuat di pekarangan: pinggir halaman, taman atau bagian pekarangan lainnnya. Lubang biopori sendiri umumnya dibuat dengan lebar kira-kira 30 cm, jarak antar lubang sekitar 50 cm-100 cm (http://kumpulan.info/griya/tips-rumah/44-tips/52-mengenal-dan-memanfaatkan-lubang-biopori.htm (24 Desember 21010).

Selanjut disampaikan bahwa biopri memiliki mafaat sebagai berikut: :

- Mencegah banjir

  Keberadaan lubang biopori dapat menyerap air hujan yang jatuh ke lantai hutan kemudian diteruskan kedalam tanah yang akan tertampung di aquifer. Banjir sebenarnya merupakan akumulasi air hujan atau gletser yang tidak bisa diserap oleh tanah sehingga menjadi aliran air permukaan dan selanjutnya dalam jumlah banyak akan menjadi banjir.

- Menyuburkan tanaman

  Sampah organik yang kita buang /masukan ke lubang biopori akan menjadi makanan micro organisme untuk organisme yang ada dalam tanah. Organisme tersebut dapat membuat sampah menjadi kompos yang dapat dipergunakan sebagaib pupuk bagi tanaman di sekitarnya.

- Tempat pembuangan sampah organik

  Banyaknya sampah yang bertumpuk juga telah menjadi masalah tersendiri di kota-kota besar.
  Dengan adanya biopori kita dapat membantu mengurangi masalah ini dengan memasukannya ke dala biopori.

- Meningkatkan kuantitas dan kualitas air tanah

  Air hujan yang diresapkan kedalam tanah akan mengurangi aliran air permukaan dan meningkatkan air tanah. Sampah didalam lubang

tanah menjadi mineral-mineral yang kemudian dapat larut dalam air. Hasilnya, air tanah menjadi berkualitas karena mengandung mineral mineral yang lebih lengkap.

Bagaimana cara membuat lubang biopori?

Tahap pertama tentu menentukan tempat dimana akan dibuat lubang biopori dan berapa jarak yang diinginkan. Beri tanda titik dimana lubang akan dibuat. Umumnya dapat dibuat berjarak 1 x 1 m2.

- Rakit dulu alat yang akan dipakai; pasang dan kunci stang pe mutar dan bor nya. Bila alatnya bukan model bongkar pasang langsung dapat digunakan.
  - Letakan ujung bor pada titik dimana lubang akan dibuat, pegang stang pemutar dengan menekan kebawah sewajarnya hingga bor masuk kedalam tanah. Basahi tanah agar dapat lengket pada bor bila diangkat.
  - Ulangi memutar bor setiap kali disertai dengan penekanan ke bawah hingga bor akan penuh dengan tanah, angkat dan letakan tanah ke arah sebelah kanan atau kiri anda.
  - Masukan air ke dalam lubang setiap kali agar tanah lengket dan mudah terangkat.
  - Bila kedalaman sudah mencapai sekitar 1 m kiranya biopori sudah cukup.
  - Masukan sampah organik hingga penuh atau 90% dari tinggi lubang yang dibuat, tergantung ketersediaan sampahnya. Setiap kali dapat ditambah atau diganti yang baru bila telah busuk.
  - Perkeras bagian bibir lubang dekat permukaan tanah dengan campuran semen dan pasir agar tidak runtuh kedalam lubang. Bisa juga dilengkapi dengan kawat penyaring untuk menghindari kecelakaan anak kecil kakinya terperosok ke lubang.

l. Rorak

Rorak merupakan lubang penampungan atau peresapan air, Dibuat di bidang olah atau saluran resapan (Gambar dibawah). Pembuatan rorak bertujuan untuk memperbesar peresapan air ke dalam tanah dan menampung tanah yang tererosi. Pada lahan kering beriklim kering, rorak berfungsi sebagai tempat pemanen air hujan dan aliran permukaan.

Gambar 47. Rorak yang dikombinasikan dengan teras

Dimensi rorak yang disarankan sangat bervariasi, misalnya kedalaman 60 cm, lebar 50 cm, dan panjang berkisar antara 50-200 cm. Panjang rorak dibuat sejajar kontur atau memotong lereng. Jarak ke samping antara satu rorak dengan rorak lainnya berkisar 100-150 cm, sedangkan jarak horizontal 20 m pada lereng yang landai dan agak miring sampai 10 m pada lereng yang lebih curam. Dimensi rorak yang akan dipilih disesuaikan dengan kapasitas air atau sedimen dan bahan-bahan terangkut lainnya yang akan ditampung. Sesudah periode waktu tertentu, rorak akan terisi oleh tanah atau serasah tanaman. Agar rorak dapat berfungsi secara terus-menerus, bahan-bahan yang masuk ke rorak perlu diangkat ke luar atau dibuat rorak yang baru.

Rorak juga sering disebut dengan saluran/parit buntu adalah suatu bangunan berupa got/ saluran buntu dengan ukuran tertentu yang dibuat pada bidang olah teras dan sejajar garis kontur yang berfungsi untuk menjebak/ menangkap aliran permukaan dan juga tanah yang tererosi.

Tujuan Kegiatan pembuatan rorak adalah :

1) Untuk mencegah disposisi/transportasi partikel tanah oleh erosi dan aliran permukaan (*run off*)
2) Menampung air hujan yang jatuh dan aliran permukaan dari bagian atas, serta partikel tanah yang tererosi dari bagian atasnya.
3) Untuk mengembalikan produktivitas lahan, produksi usahatani dan sekaligus meningkatkan pendapatan petani.

Sedang wilayah yang menjadi sasaran kegiatan pembuatan rorak adalah lahan kering yang merupakan lokasi pengembangan usahatani konservasi lahan terpadu dan atau lahan-lahan kering berlerng yang memiliki potensi untuk pengembangan pertanian

Direktorat Pengelolaan Lahan, Departemen Pertanian telah menerbitkan standar teknis pembangunan rorak/saluran buntu pada th 2006 yang juga menjelaskan tentang sasaran wilayah yang perlu dibuat rorak, yaitu:

1) Lahan berupa lahan kering/*upland* dan terletak dalam satu hamparan minimal seluas 8 hektar. Dalam satu hektar dibangun konstruksi rorak sebanyak 30 unit. Panjang rorak/saluran buntu 5 meter, lebar 0,30 meter dan kedalaman 0,4 meter.
2) Kemiringan lahan 3 % s/d 30%. Untuk menjamin keberhasilan sebaiknya dipilih lahan yang tidak terlalu curam sehingga tidak diperlukan adanya pembangunan teras bangku yang relatif mahal.

3) Ketinggian tempat lebih rendah dari 1.500 meter di atas permukaan laut dimana berbagai jenis tanaman masih memungkinkan untuk diusahakan.
4) Lahan peka terhadap erosi.
5) Lahan masih diusahakan oleh petani, tetapi produktivitasnya telah mengalami degradasi/menurun.

Sumber: http://bebasbanjir2025.wordpress.com/rorak-parit-buntu/

Gambar 48. Rorak yang dibuat di perkebunan.

Rorak seringkali dikombinasikan dengan guludan agar berfungsi lebih efektif. Beberapa gambar dibawah ini dikutip dari internet guna member gambaran lebih jelas kepada para peserta didik.

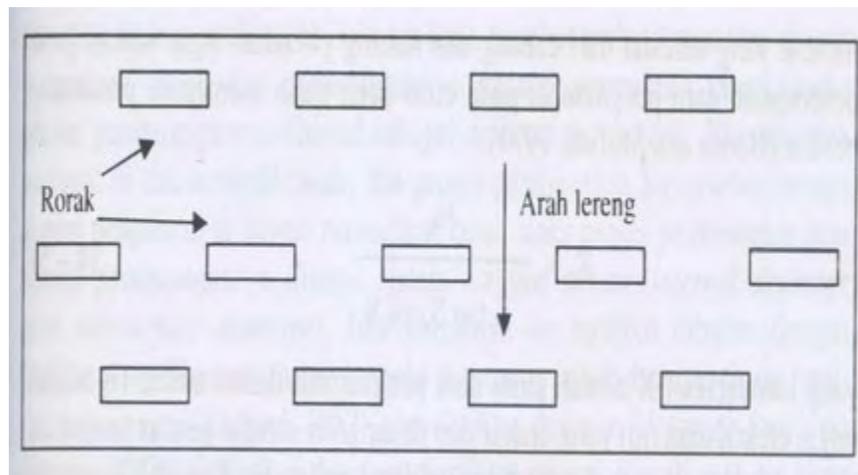
Sumber:http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologipengendalian-banjir/ rorak-parit-buntu/

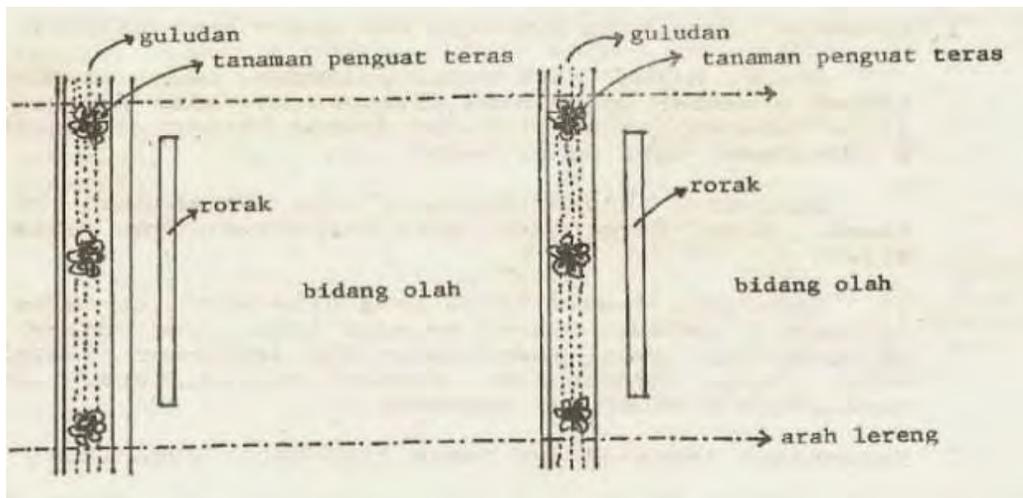
Gambar 49. Rorak di areal perkebunan

Pedoman Konservasi Tanah dan Air yang diterbitkan oleh Tim Peneliti BP2TPDAS IBB Departemen Kehutanan (2002) merekomendasikan pembuatan rorak dengan persyaratan teknis:

1) Ukuran panjang 1 – 2 meter, lebar 25-50cm dan dalam 20 – 30 cm.
2) Rorak dapat diisi dengan mulsa untuk mengurangi sedimentasi dan meningkatkan kesuburan tanah.
3) Pembuatan rorak mengakibatkan pengurangan luas lahan olah sebesar 3 – 10%
4) Rorak buntu dapat dibuat pada bagian lereng atas dari tanaman
5) Sedimen yang tertampung dalam rorak buntu

Pembuatan rorak sebaiknya dibuat pada posisi bersilangan sehingga dapat menangkap erosi dan air secara efektif. Gambar penampang letak rorak dapat dilihat dibvawah ini:

Sumber: http://bebasbanjir2025.wordpress.com

Gambar 50. Letak rorak selang-seling

Dibawah ini penampang bangunan rorak yang dikombinasikan dengan guludan yang ditanami pohon-pohonnan untuk memperkuat kemampuan menahan air.

Sumber: http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir

Gambar 51. Penampang membujur rorak

Setelah mengeksplorasi pengalaman belajar Anda khususnya tentang **Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis meliputi :**, berikut ini Anda akan fokus belajar tentang materi **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis meliputi : Pengolahan tanah (tillage), Guludan, Teras, Chek dam, waduk, rorak dan tanggul, Perbaikan drainage, irigasi, Sumur resapan dan biopori.**

Berkaitan dengan **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis meliputi : Pengolahan tanah (tillage), Guludan, Teras, Chek dam, waduk, rorak dan tanggul, Perbaikan drainage, irigasi, Sumur resapan dan biopori** pada konservasi tanah dan air coba lakukan mencari tahu dari berbagai sumber misal perpustakaan, browshing internet, atau cara lainnya. Setelah memperoleh data atau informasi, lakukan pengamatan/cermati terhadap hal-hal berikut:

Bagaimana kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis meliputi : Pengolahan tanah (tillage), Guludan, Teras, Chek dam, waduk, rorak dan tanggul, Perbaikan drainage, irigasi, Sumur resapan dan biopori ?

HASIL KEGIATAN MENGAMATI/MENYIMAK

Nama Peserta Didik :......................................

Nomor Induk : ....

a. **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis pengolahan tanah (tillage) adalah**

....

....

....

....

....

....

b. **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis guludan adalah**

....

....

....

....

....

....

c. **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis teras adalah**

....

....

....

....

....

....

d. **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis Chek dam, waduk, rorak dan tanggul adalah**

...

...

...

...

...

...

e. **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis perbaikan drainage dan irigasi adalah**

...

...

...

...

...

...

f. **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil sumur resapan dan biopori adalah**

...

...

...

...

...

...

Dari uraian singkat di atas dan berdasarkan pengamatan di sekitar lingkungan kita dan saat ini dapatkah Anda membuat suatu pertanyaan yang berkaitan dengan **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis meliputi :** Pengolahan tanah (tillage), Guludan, Teras, Chek dam, waduk, rorak dan tanggul, Perbaikan drainage dan irigasi dan Sumur resapan dan biopori**.** Untuk membuat suatu pertanyaan, Anda dapat memulai dengan kata-kata sebagai berikut:

Contoh:

Apa yang dimaksud ....

Mengapa terjadi ....

Bagaimana proses ....

Sebutkan...

Kapan terjadinya..

Jelaskan ....

dan seterusnya..

Buatlah pertanyaan berkaitan tentang benih pada format di bawah ini

NO.	PERTANYAAN YANG ANDA BUAT
1.	
2,	
3.	
4.	

5.

6.

7.

8.

9.

Dst..

Selamat Anda telah berhasil membuat suatu pertanyaan!.

Jika anda belum berhasil membuat suatu pertanyaan, coba Anda konsentrasi dengan membayangkan kondisi lingkungan sekitar kita (fakta) dari berbagai jenis yang ada di sekitar Anda seperti **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis meliputi : Pengolahan tanah (tillage), Guludan, Teras, Chek dam, waduk, rorak dan tanggul, Perbaikan drainage dan irigasi dan Sumur resapan dan biopori**. Kemudian, amati, berpikir berdasarkan apa yang Anda lihat dan gunakan perasaaan Anda dikaitkan tentang: **Kriteria Pengolahan tanah (tillage), Guludan, Teras, Chek dam, waduk, rorak dan tanggul, Perbaikan drainage dan irigasi dan Sumur resapan dan biopori**.

Setelah Anda melakukan proses berpikir dan berkonsentrasi dengan mencermati peristiwa diatas, kemudian Anda membuat pertanyaan yang diawali dengan kata kata seperti contoh di atas. Jika Anda masih belum berhasil membuat suatu pertanyaan, coba berdiskusilah dengan teman Anda!

Dari hasil pengalaman membaca dan mengamati informasi tentang **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis**, Anda terdorong untuk lebih tahu dan lebih dalam lagi. Untuk itu lakukan pengumpulan informasi dan melakukan penalaran tentang **Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis meliputi : Pengolahan tanah (tillage), Guludan, Teras, Chek dam, waduk, rorak dan tanggul, Perbaikan drainage, irigasi, Sumur resapan dan biopori** di sekitar lingkungan kita.

Hasil Pengamatan teknik **Kriteria Teknik konservasi tanah dan air pada metode sipil teknis meliputi : Pengolahan tanah (tillage), Guludan, Teras, Chek dam, waduk, rorak dan tanggul, Perbaikan drainage, irigasi, Sumur resapan dan biopori**

No	Macam bangunan Metode teknik sipil	Kriteria Hasil pengamatan	Lokasi / sumber pengamatan
1.			
2,			
3,			
4,			
5,			
6,			

7,

8,

9,

dst

3. Refleksi

Teknik merupakan penerapan ilmu dan teknologi /iptek untuk menyelesaikan permasalahan manusia. Istilah teknik juga sering disebut dengan rekayasa. Sedang metode diartikan “sebagai cara melakukan atau membuat sesuatu”. Jadi kata teknik dan metode merupakan dua kata yang mempunyai kaitan sangat erat dan miemiliki kemiripan. Kegiatan konservasi tanah dan air merupakan kegiatan yang sangat berkaitan dengan penggunaan dan perlakukan tanah dan air agar tidak terjadi kerusakan.Penggunaan tanah atau *land use* adalah modifikasi yang dilakukan oleh manusia terhadap lingkungan hidup menjadi lingkungan terbangun sehingga bermanfaat bagi kehidupan. Kegiatan konservasi tanah secara umum dilakukan secara vegetatif, mekanik, dan kimiawi.

Metode vegetatif merupakan kegiatan konservasi tanah dan air yang menggunakan kegiatan penanaman pohon atau rerumputan.

Teknik konservasi tanah dan air secara vegetatif adalah:

- penghutanan kembali (*reforestation*),
- wanatani (*agroforestry*)
- pertanaman lorong (*alley cropping*),

Tumpang sari (inter cropping).

- pertanaman menurut strip (*strip cropping*),

- strip rumput (*grass strip*) barisan sisa tanaman,
- tanaman penutup tanah (*cover crop*),
- Mulsa

Metode mekanik dalam konservasi tanah dan air adalah semua perlakuan fisik mekanis terhadap tanah untuk mengurangi aliran permukaan an erosi serta peningkatan kemampuan penggunaan tanah. Teknik konservasi tanah dan air ini sering kali juga disebut metode sipil teknis.

Teknik konservasi tanah dan air pada metode mekanik meliputi :

- Pengolahan tanah (tillage)
- Pembuatan guludan
- Pembuatan teras
- Pembuatan dam, waduk, rorak dan tanggul
- Perbaikan drainage dan irigasi
- Sumur resapan dan biopori

Selanjutnya konservasi tanah dan air secara kimiawi dilakukan dengan menggunakan bahan kimia untuk memadatkan sifat fisik atau struktur tanah lebih solid sehingga tidak mudah terkena erosi.

4. Tugas

Untuk meningkatkan pemahaman terhadap materi pembelajaran ini peserta didik diminta untuk membentuk kelompok yang beranggotakan 4 orang untuk melakukan praktek sebagai berikut:

Lembar kerja Praktek Sekolah

Kegiatan praktek 1: Membuat ondol-ondol dan garis kontur

a. Tujuan praktek: Setelah melakukan praktek peserta didik dapat membuat garis kontur

b. Waktu : 4 jpl

c. Bahan dan alat :

   1) Batang bambu : ukuran 2,20 m 1 batang
   2) Tali rapia : 5 meter
   3) Kantong plastic : 2 buah ukuran ½ kg
   4) Parang : 2 buah
   5) Batu asahan : 1 buah
   6) Paku : 6 buah ukuran 5 cm
   7) Hamer : 1 buah
   8) Tang : 1 buah
   9) Peta kerja : 1 buah Skala: 1 : 10.000).

d. Organisasi peserta:

   1) Peserta dibagi dalam kelompok-kelompok yang masing-masing beranggota 3 – 5 orang.
   2) Setiap kelompok menunjuk ketua.
   3) Setiap anggota kelompok harus mengerjakan setiap kegiatan
   4) Hasil kegiatan dicatat secara cermat dan rapi
   5) Setelah selesai praktek, kelompok membuat laporan praktek.

e. Urutan kerja

   1) Membuat ondol-ondol :
      a) Batang bambu dibelah menjadi 6 bagian.
      b) Dua belah bambu dipergunakan sebagai kaki ondol-ondol masing-masing sama panjang yaitu sepanjang 2 m dan 1 batang untuk galah.
      c) Gunakan paku untuk memperkuat ikatan dua kaki ondol-ondol

d) Buatlah bandul dengan katong palstik diisi tanah dan diikat dengan tali rapia.

e) Tandai titik tengah pada galah.

2) Membuat garis kontur

a) Tentukan titik tertentu pada pinggir lahan yang berbentuk lereng sebagai awal pengukuran.

b) Pasang patok no:1 pada kaki pertama dari ondol-ondol.

c) Sementara kaki pertama berada pada patok no: 1 geserlah kaki kedua kearah depan sehingga tali bandul berada pada titik tengah. Pasanglah patok no: 2.

d) Angkat kaki pertama (sementara kaki kedua pada posisi patok no: 2) kearah depan sehingga tali bandul tetap pada posisi tengah, pasang patok no:3.

e) Lakukan secara terus menerus hingga patok no: 20.

f) Hubungkan nomor-nomor patok tersebut dengan garis sehingga membentuk garis kontur.

g) Tentukan titik awal pengukuran yang kedua dipinggir lahan (parallel dengan titik pengukuran pertama) pada psisi dibawahnya dengan jarak 3 m.

h) Lakukan cara membuat garis kontur seperti cara pertama.

i) Setiap kelompok membuat garis kontur sebanyak 5 baris.

j) Membuat peta garis kontur yang telah dibuat pada skala 1 : 100

Siswa setelah melakukan praktek pada lembar kerja diwajibkan membuat kesimpulan dan Menyampaikan hasil tulisan kelompok secara ringkas di depan kelas dengan menyebutkan asal sumber informasi yang dipergunakan serta melakukan tanya jawab dengan kelompok lain.

Kegiatan praktek 2: Membuat guludan dan teras bangku

1. Tujuan pembelajaran:
   Setelah melakukan praktek peserta didik dapat membuat guludan dan teras bangku.
2. Waktu : 4 jpl
3. Bahan dan alat :
   a. Batang bambu : 5 cangkul
   b. Tali rapia : 25 meter: 2 buah
   c. Peta kerja : 1 buah skala: 1: 10.000.
4. Organisasi peserta:
   a. Peserta dibagi dalam kelompok-kelompok yang masing-masing beranggota 3 – 5 orang.
   b. Setiap kelompok menunjuk ketua.
   c. Setiap anggota kelompok harus mengerjakan setiap kegiatan
   d. Hasil kegiatan dicatat secara cermat dan rapi
   e. Setelah selesai praktek, kelompok membuat laporan praktek.
5. Urutan kerja
   a. Mengecek peta/gambar lahan dan patok tanda lapangan garis kontur
      1) Mencocokan gambar dan kondisi lapangan.
      2) Memperbaiki gambar yang tidak sesuai
   b. Membuat guludan
      1) Tentukan titik tertentu pada pinggir lahan yang berbentuk lereng sebagai awal pembuatan guludan.
      2) Pasang patok sesuai lebar guludan yaitu: 40 cm.
      3) Buatlah guludan dengan cangkul setinggi 30 cm memanjang dan mengikuti kontur.
      4) Lakukan pembuatan guludan setiap peserta didik panjang 10 m sebanyak 3 guludan

5) Lakukan pembuatan teras bangku dengan menggali bagian lahan yang tinggi dan tanahnya diletakan pada bagian bawahnya.
6) Buatlah teras bangku dengan lahan olah selebar 3 m dimana garis konturnya telah dibuat.
7) Setiap kelompok membuat gambar guludan dan teras bangku yang dibuat.
8) Membuat peta guludan telah dibuat pada skala 1 : 100

Siswa setelah melakukan praktek pada lembar kerja diwajibkan membuat kesimpulan dan Menyampaikan hasil tulisan kelompok secara ringkas di depan kelas dengan menyebutkan asal sumber informasi yang dipergunakan serta melakukan tanya jawab dengan kelompok lain.

5. Tes Formatif

1) Jelaskan Standar teknis teknik konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis?
2) Jelaskan Macam bangunan konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis?

C. Penilaian

Teknik Penilaian : Non Tes

Bentuk Instrumen : Pengamatan (Penilaian Proses)

Instrumen Penilaian

No	Aspek yang dinilai	1	2	3	4	Keterangan
1	**Sikap** a. Terlibat aktif dalam pembelajaran b. Bekerjasama dalam kegiatan kelompok. c. Toleran terhadap pendapat yang berbeda					1 = Kurang 2 = Cukup 3 = Baik 4 = Amat baik

No	Aspek yang dinilai	1	2	3	4	Keterangan
2	**Pengetahuan** a. Mencari bahan ajar yang sesuai / tepat b. Mampu mengetahui dan menerapkan Standar teknis teknik konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis c. Mampu mengetahui dan menerapkan Macam bangunan konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis					
3	**Keterampilan** Trampil melaksanakan teknik konservasi tanah dan air dengan metode sipil teknis.					
Jumlah						

Score perolehan (SP) = jumlah perolehan nilai / 28 X 100

Jika nilai SP :	0 sd 56	Kurang
	57 sd 64	Cukup
	65 sd 80	Baik
	81 sd 100	Amat Baik

III. PENUTUP

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, keterampilan dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut.

Buku Konservasi Tanah dan air pada paket keahlian teknik rehabilitasi dan reklamasi pada Kelas XI SMK Kehutanan ini disusun dengan pemikiran di atas. Bidang ilmu Konservasi Tanah dan air dipakai sebagai landasan (*platform*) pembahasan bidang ilmu yang lain. Melalui pembahasan menggunakan bermacam bidang ilmu dalam rumpun ilmu pengetahuan alam, pemahaman utuh tentang alam yang dihuninya beserta benda-benda alam yang dijumpai di sekitarnya dapat dikuasai oleh peserta didik SMK.

Sesuai dengan konsep Kurikulum 2013, buku teks siswa ini disusun mengacu pada pembelajaran Konservasi Tanah dan air secara terpadu dan utuh, sehingga setiap pengetahuan yang diajarkan, pembelajarannya harus dilanjutkan sampai membuat siswa terampil dalam menyajikan pengetahuan dan terampil yang dikuasainya secara konkret dan abstrak, dan bersikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku teks siswa ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan yang dipergunakan dalam Kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pada buku teks siswa ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari Konservasi Tanah dan air.

DAFTAR PUSTAKA

Alfandi, Widoyo. 2001. *Epistemologi Geografi. Yogyakarta* : Gadjah Mada University Press.

Arsyad, Sitanala. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bandung : Penerbit ITB.

Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Alaerts G dan Santika SS, 1987, *Metode Penelitian Air*, Penerbit Usaha Nasional, Jakarta.

Anna S., 2001, *Model Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai Secara Terpadu*, Makalah Falsafah Sains, Program Pasca Sarjana / S3, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Anonim, 1997, Undang-Undang No. 23 tahun 1997 tentang *Pengelolaan Lingkungan Hidup.*Jakarta.

Anonim, 1999, Undang-Undang No. 41 tahun 1999 tentang *Kehutanan,*Jakarta.

Anonim, 2004. Undang-Undang No. 7 tahun 2004 tentang *Sumber Daya Air*, Jakarta.

Anonim, 2003, Perda Propinsi Jawa Tengah No 21 tahun 2003 tentang *Rencana Tata Ruang Wilayah Propinsi Jawa Tengah tahun 2003-2008*. Semarang.

Arikunto, Suharsini, 1998, *Prosedur Penelitian*, *Suatu Pendekatan Praktek*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.

Arsyad S., 2000, *Konservasi Tanah dan Air* , Penerbit IPB, Bogor.

.... dan Rustiadi E., 2008 *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.

Asdak C., 2007, *Hidrologi dan Pengendalian Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Darmawijaya, Isa. 1990. *Klasifikasi Tanah*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Departemen Kehutanan RI.1997. *Buku Pintar Penyuluhan Kehutanan*. Jakarta : Pusat Penyuluhan Kehutanan.

Dinas PSDA Provinsi Jawa Tengah, 2007, *Publikasi Data Debit Sungei JawaTengah*, Semarang.

Hadi Sudharto P., 2005, *Dimensi Lingkungan Perencanaan Pembangunan*,Gadjah Mada Uiniversity Press,Yogyakarta.

Handoko. 1995. *Klimatologi Dasar Landasan Pemahaman Fisika Atmosfer dan Unsur-Unsur Iklim*. Jakarta : Dunia Pustaka Jaya.

........................, 2005, *Metodologi Penelitian Sosial Kuantitatif, Kualitatif dan Kaji Tindak*, Diktat Kuliah, Program Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP, Semarang.

Kartasaputra, A.G. dkk, 1985, *Teknologi Konservasi dan Air*, Penerbit RINEKA CIPTA, Jakarta.

Kodoatie, Robert J. 1996, *Pengantar Hidrogeologi*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Kartasapoetra A.G, G Kartasapoetra, Mulyani Sutedja. 1987. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta : Rineka Cipta.

Kasdi Subagyono et all (not date) Monograf No. 1 Teknik Konservasi tanah secara vegetatif . Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.

Masfu, T. M. 2005. *Penentuan Arahan Fungsi Pemanfaatan Lahan di Kecamatan Baturaden Kabupaten Banyumas Propinsi Jawa Tengah*. Skripsi. Surakarta : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UNS.

Muryono. 2008. *Arahan fungsi pemanfaatan lahan Daerah aliran sungai samin Kabupaten karanganyar dan kabupaten sukoharjo Tahun 2007.* Skripsi. Surakarta : Universitas Sebelas

Nugraha, Setya. 1997. *Studi Morfokonservasi DAS Nagung Kabupaten Kulonprogo DIY*. Tesis. Yoyakarta : Program Pasca Sarjana UGM.

.............................., Sjarief R, 2005, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Pannekoek, A.J. 1989. *Garis Besar Geomorfologi Pulau Jawa*. Terjemahan Budio Basri. Jakarta : FM-IPA UI

Saputro Bambang Eko, 2004, *Kajian Sedimentasi di Sungai Air Bengkulu dalam Upaya Pengelolaan DPS Sungai Bengkulu*. Tesis, Program Magister Ilmu Lingkungan, UNDIP, Semarang.

Sosrodarsono, S. dan Takeda K. 1976, terjemahan Mori, K. *Hidrologi untuk Pengairan*, Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Suhartanto E. 2001, *Optimalisasi Pengelolaan DAS di Sub Daerah Aliran Sungai Cidanau Kabupaten Serang Provinsi Banten menggunakan model Hidrologi ANSWERS*, Makalah Falsafah sains, Program Pasacasarjana/S2 IPB, Bogor.

Suripin, 2002, *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Prahasta, Eddy. 2002. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : Informatika.

Sunardi. 1985. *Dasar-Dasar Pemikiran Klasifikasi Bentuklahan*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM

Sundari, SST (penyuluh pertanian BBPPTP) dalam tabloid sinar tani nomor 3428 tahun XI.II

Suhartanto, MM., 2006, Direktur Pengelolaan Lahan, Jakarta.

Syarifuddin Kadir, 2008. *Kajian Tingkat Bahaya Erosi Di Sub-Das Teweh Das Barito Propinsi Kalimantan Tengah*, Jurnal Hutan Tropis Borneo.

Sumber lain:

http://geoenviron.blogspot.com/2011/04/penentuan-fungsi-kawasan-lahan-dan.html

FAO dalam id.wikimedia.org Tgl 24 Nopember 2010)

http://ga.water.usgs.gov/ Tgl 4 Desb 2010

http://desaku.blogdetik.com/ (Tgl . 14/ Desember 2010)

http://pengairan.acehprov.go.id/ (Tgl . 14/ Desember 2010)

http://desaku.blogdetik.com/ Tgl 14/ Desember 2010

http://www.docstoc.com/docs/21928259/Pedoman-Teknis-Konservasi-Air-Melalui-Pengembangan-Embung. (Tgl 19 Desember 2010).

http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/rorak-parit-buntu/ Tgl 22 Desember 2010

http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/rorak-parit-buntu/ Tgl 22 Desember 2010)

http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/rorak-parit-buntu/

(Tgl 22Desember 2010)

http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/teras-2/ Tgl 24 Dessember 2010)

http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/teras-2/ Tgl 24 Dessember 2010),

http://id .wikimedia.org / Tgl 24 Nopember 2010)

http://organisasi.or/ Tgl 24 Nop 2010).

http://fajartrikuncoro.blogspot.com/ Tgl 24 Nopember 2010)

http://id.wikipedia.org/wiki/Konservasi_tanah. Tgl 24 Nopember 2010)

http://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/teras-2/ Tgl 24 Dessember 2010),

(http://id.wikipedia.org/wiki/Konservasi_tanah , Tgl 26 Desember 2010).

http://www.simpuldemokrasi.com/ 14 Desb 2010

http://klastik.wordpress.com/2008/02/04/cegah-banjir-dengan-sumur-resapan/ (Tgl 24 Desember 2010)

http://klastik.wordpress.com/2008/02/04/cegah-banjir-dengan-sumur-resapan/ (Tgl 24 Desember 2010).

http://www.klikhomes.com/Arsitektur/Teknologi-Konservasi-Air-Tanah-Dengan-Sumur-Resapan-part-2 (tgl 25 Desember 2010)

(http://id.wikipedia.org/wiki/Biopori (tgl 24 Desember 2010).

http://www.agrilands.net/read/full/agriwacana/2010/11/03/mengenai-konservasi-tanah-secara-mekanik-dan-secara-vegetatif.html (Tgl 24 Desember 2010).

http://www.indonesiabiopori.com/(Tgl 24 Desember 2010).

(http://kumpulan.info/griya/tips-rumah/44-tips/52-mengenal-dan-memanfaatkan-lubang-biopori.htm (Tgl 24 Desember 2010).

http: //smartpei.typepad.com/robert_patersons_weblog/ Tgl 24 Desember 2010)

http://awaluddinzaenuri.blogspot.com/Senin, 4 Nov 2013 Metode pengukuran Erosi Tanah

http://geography-network.blogspot.com/Selasa 5 November 2013

S. Sutono dalam http://en.wikipedia.org/wiki/Crop_rotation (Tgl 26 Desember 2010)

http://1.bp.blogspot.com/-YHn7XPflMGo/T4niaYKzlHI/AAAAAAAAAN0/BN-7QiS3waw/s1600/IMG_4391.JPG

http://www.anneahira.com/images_wp/penyebab-hutan-gundul.jpg

http://4.bp.blogspot.com/-qWP1OszSvmA/UE22RHtUtLI/AAAAAAAAAJI/afakjIzirPo/s320/hutan_gundul.jpg

http://diamondgeologist.files.wordpress.com/2012/02/siklus-sedimen.jpg

http://jelajah.valadoo.com/wp-content/uploads/2011/08/antonherrys.jpg

http://www.google.com

http://4.bp.blogspot.com/-6dSPHAFiGtQ/UZW4kz0OU6I/AAAAAAAAAdw/68UmSSZCZ3s/s1600/img_0335.jpg

http://blogs.swa-jkt.com/swa/10310/files/2012/10/Screen-Shot-2012-10-31-at-9.29.16-PM.png

http://www.irwantoshut.net/agroforestri_SALT.jpg

http://citraindonesia.com/wp-content/uploads/2012/02/tumpangsari.jpg

http://4.bp.blogspot.com/-uhsUNYTU3wo/UT_L5HcbEJI/AAAAAAAABt4/zJAQOb5j-i4/s1600/contour-farming.jpg

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Starr_061109-1486_Arachis_pintoi.jpg

http://bebasbanjir2025.files.wordpress.com/2008/10/lo21.jpg?w=402&h=297

http://1.bp.blogspot.com/ondol2.gif

http://bebasbanjir2025.files.wordpress.com/2008/10/ko6.jpg